

# Docker

## 技术入门与实战

第2版

---

DOCKER PRIMER

---

杨保华 戴王剑 曹亚仑 编著

学习Docker的第一本入门书，畅销书升级  
基于Docker 1.12及以上版本



机械工业出版社  
China Machine Press

容器技术系列

## Docker技术入门与实战（第2版）

杨保华 戴王剑 曹亚仑 编著

ISBN: 978-7-111-55582-7

本书纸版由机械工业出版社于2017年出版，电子版由华章分社（北京华章图文信息有限公司，北京奥维博世图书发行有限公司）全球范围内制作与发行。

版权所有，侵权必究

客服热线：+ 86-10-68995265

客服信箱：service@bbbvip.com

官方网址：www.hzmedia.com.cn

新浪微博 @华章数媒

微信公众号 华章电子书（微信号：hzebook）

# 目录

[第2版前言](#)

[第1版前言](#)

[第一部分 基础入门](#)

[第1章 初识容器与Docker](#)

[1.1 什么是Docker](#)

[1.2 为什么要使用Docker](#)

[1.3 Docker与虚拟化](#)

[1.4 本章小结](#)

[第2章 核心概念与安装配置](#)

[2.1 核心概念](#)

[2.2 安装Docker](#)

[2.3 配置Docker服务](#)

[2.4 推荐实践环境](#)

[2.5 本章小结](#)

[第3章 使用Docker镜像](#)

[3.1 获取镜像](#)

[3.2 查看镜像信息](#)

[3.3 搜寻镜像](#)

[3.4 删除镜像](#)

[3.5 创建镜像](#)

[3.6 存出和载入镜像](#)

[3.7 上传镜像](#)

[3.8 本章小结](#)

[第4章 操作Docker容器](#)

[4.1 创建容器](#)

[4.2 终止容器](#)

[4.3 进入容器](#)

[4.4 删除容器](#)

[4.5 导入和导出容器](#)

[4.6 本章小结](#)

[第5章 访问Docker仓库](#)

[5.1 Docker Hub公共镜像市场](#)

[5.2 时速云镜像市场](#)

[5.3 搭建本地私有仓库](#)

[5.4 本章小结](#)

## [第6章 Docker数据管理](#)

### [6.1 数据卷](#)

### [6.2 数据卷容器](#)

### [6.3 利用数据卷容器来迁移数据](#)

### [6.4 本章小结](#)

## [第7章 端口映射与容器互联](#)

### [7.1 端口映射实现访问容器](#)

### [7.2 互联机制实现便捷互访](#)

### [7.3 本章小结](#)

## [第8章 使用Dockerfile创建镜像](#)

### [8.1 基本结构](#)

### [8.2 指令说明](#)

### [8.3 创建镜像](#)

### [8.4 使用.dockerignore文件](#)

### [8.5 最佳实践](#)

### [8.6 本章小结](#)

## [第二部分 实战案例](#)

## [第9章 操作系统](#)

### [9.1 BusyBox](#)

### [9.2 Alpine](#)

### [9.3 Debian/Ubuntu](#)

### [9.4 CentOS/Fedora](#)

### [9.5 本章小结](#)

## [第10章 为镜像添加SSH服务](#)

### [10.1 基于commit命令创建](#)

### [10.2 使用Dockerfile创建](#)

### [10.3 本章小结](#)

## [第11章 Web服务与应用](#)

### [11.1 Apache](#)

### [11.2 Nginx](#)

### [11.3 Tomcat](#)

### [11.4 Jetty](#)

### [11.5 LAMP](#)

### [11.6 CMS](#)

### [11.7 持续开发与管理](#)

### [11.8 本章小结](#)

## [第12章 数据库应用](#)



- [12.1 MySQL](#)
- [12.2 MongoDB](#)
- [12.3 Redis](#)
- [12.4 Memcached](#)
- [12.5 CouchDB](#)
- [12.6 Cassandra](#)
- [12.7 本章小结](#)
- [第13章 分布式处理与大数据平台](#)
- [13.1 RabbitMQ](#)
- [13.2 Celery](#)
- [13.3 Hadoop](#)
- [13.4 Spark](#)
- [13.5 Storm](#)
- [13.6 Elasticsearch](#)
- [13.7 本章小结](#)
- [第14章 编程开发](#)
- [14.1 C/C++](#)
- [14.2 Java](#)
- [14.3 Python](#)
- [14.4 JavaScript](#)
- [14.5 Go](#)
- [14.6 PHP](#)
- [14.7 Ruby](#)
- [14.8 Perl](#)
- [14.9 R](#)
- [14.10 Erlang](#)
- [14.11 本章小结](#)
- [第15章 容器与云服务](#)
- [15.1 公有云容器服务](#)
- [15.2 容器云服务](#)
- [15.3 阿里云容器服务](#)
- [15.4 时速云容器平台](#)
- [15.5 本章小结](#)
- [第16章 容器实战思考](#)
- [16.1 Docker为什么会成功](#)
- [16.2 研发人员该如何看容器](#)
- [16.3 容器化开发模式](#)

[16.4 容器与生产环境](#)

[16.5 本章小结](#)

### [第三部分 进阶技能](#)

[第17章 Docker核心实现技术](#)

[17.1 基本架构](#)

[17.2 命名空间](#)

[17.3 控制组](#)

[17.4 联合文件系统](#)

[17.5 Linux网络虚拟化](#)

[17.6 本章小结](#)

[第18章 配置私有仓库](#)

[18.1 安装Docker Registry](#)

[18.2 配置TLS证书](#)

[18.3 管理访问权限](#)

[18.4 配置Registry](#)

[18.5 批量管理镜像](#)

[18.6 使用通知系统](#)

[18.7 本章小结](#)

[第19章 安全防护与配置](#)

[19.1 命名空间隔离的安全](#)

[19.2 控制组资源控制的安全](#)

[19.3 内核能力机制](#)

[19.4 Docker服务端的防护](#)

[19.5 更多安全特性的使用](#)

[19.6 使用第三方检测工具](#)

[19.7 本章小结](#)

[第20章 高级网络功能](#)

[20.1 网络启动与配置参数](#)

[20.2 配置容器DNS和主机名](#)

[20.3 容器访问控制](#)

[20.4 映射容器端口到宿主主机的实现](#)

[20.5 配置docker0网桥](#)

[20.6 自定义网桥](#)

[20.7 使用OpenvSwitch网桥](#)

[20.8 创建一个点到点连接](#)

[20.9 本章小结](#)

[第21章 libnetwork插件化网络功能](#)

- [21.1 容器网络模型](#)
- [21.2 Docker网络相关命令](#)
- [21.3 构建跨主机容器网络](#)
- [21.4 本章小结](#)

#### [第四部分 开源项目](#)

#### [第22章 Etcd——高可用的键值数据库](#)

- [22.1 简介](#)
- [22.2 安装和使用Etcd](#)
- [22.3 使用etcdctl客户端](#)
- [22.4 Etcd集群管理](#)
- [22.5 本章小结](#)

#### [第23章 Docker三剑客之Docker Machine](#)

- [23.1 简介](#)
- [23.2 安装Machine](#)
- [23.3 使用Machine](#)
- [23.4 Machine命令](#)
- [23.5 本章小结](#)

#### [第24章 Docker三剑客之Docker Compose](#)

- [24.1 简介](#)
- [24.2 安装与卸载](#)
- [24.3 Compose命令说明](#)
- [24.4 Compose环境变量](#)
- [24.5 Compose模板文件](#)
- [24.6 Compose应用案例一：Web负载均衡](#)
- [24.7 Compose应用案例二：大数据Spark集群](#)
- [24.8 本章小结](#)

#### [第25章 Docker三剑客之Docker Swarm](#)

- [25.1 简介](#)
- [25.2 安装Swarm](#)
- [25.3 使用Swarm](#)
- [25.4 使用其他服务发现后端](#)
- [25.5 Swarm中的调度器](#)
- [25.6 Swarm中的过滤器](#)
- [25.7 本章小结](#)

#### [第26章 Mesos——优秀的集群资源调度平台](#)

- [26.1 简介](#)
- [26.2 Mesos安装与使用](#)

- [26.3 原理与架构](#)
- [26.4 Mesos配置项解析](#)
- [26.5 日志与监控](#)
- [26.6 常见应用框架](#)
- [26.7 本章小结](#)
- [第27章 Kubernetes——生产级容器集群平台](#)
- [27.1 简介](#)
- [27.2 核心概念](#)
- [27.3 快速体验](#)
- [27.4 安装部署](#)
- [27.5 重要组件](#)
- [27.6 使用kubectl](#)
- [27.7 网络设计](#)
- [27.8 本章小结](#)
- [第28章 其他相关项目](#)
- [28.1 平台即服务方案](#)
- [28.2 持续集成平台Drone](#)
- [28.3 容器管理](#)
- [28.4 编程开发](#)
- [28.5 网络支持](#)
- [28.6 日志处理](#)
- [28.7 服务代理工具](#)
- [28.8 标准与规范](#)
- [28.9 其他项目](#)
- [28.10 本章小结](#)

## [附录](#)

- [附录A 常见问题总结](#)
- [附录B Docker命令查询](#)
- [附录C 参考资源链接](#)

## 第2版前言

自云计算步入市场算起，新一代计算技术刚好走过了第一个十年。

在过去十年里，围绕计算、存储、网络三大基础服务，围绕敏捷服务和规模处理两大核心诉求，新的概念、模式和工具争相涌现。这些创新的开源技术成果，提高了整个信息产业的生产效率，降低了应用信息技术的门槛，让“互联网+”成为可能。

如果说软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化（NFV）让互联网的虚拟化进入了崭新的阶段，那么容器技术的出现，毫无疑问称得上计算虚拟化技术的又一大创新。从Linux Container到Docker，看似是计算技术发展的一小步，却是极为重要的历史性突破。容器带来的不仅仅是技术体验上的改进，更多的是新的开发模式、新的应用场景、新的业务可能.....

容器技术自身在快速演进的同时，笔者也很欣喜地看到，围绕着容器的开源生态系统越发繁盛。Docker三剑客Machine、Compose、Swarm相辅相成，集团作战；搜索巨人则推出Kubernetes，领航新一代容器化应用集群平台；还有Mesos、CoreOS，以及其他众多的开源工具。这些工具的出现，弥补了现有容器技术栈的不足，极大地丰富了容器技术的应用场景，增强了容器技术在更多领域的竞争力。

在第2版中，笔者参照容器技术最新进展对全书内容进行了修订完善，并增加了第四部分专门介绍与容器相关的知名开源项目，利用好这些优秀的开源平台，可以更好地在生产实践中受益。

成书之际，Docker发布了1.13版本，带来了更稳定的性能和更多有趣的特性。

再次感谢容器技术，感谢开源文化，希望开源技术能得到更多的支持和贡献！

最后，IBM中国研究院的刘天成、李玉博等帮忙审阅了部分内容，在此表达最深厚的感谢！

杨保华

2016年12月于北京

# 第1版前言

在一台服务器上同时运行一百个虚拟机，肯定会被认为是痴人说梦。而在一台服务器上同时运行一千个Docker容器，这已经成为现实。在计算机技术高速发展的今天，昔日的天方夜谭正在一个个变成现实。

多年的研发和运维（DevOps）经历中，笔者时常会碰到这样一个困境：用户的需求越来越多样，系统的规模越来越庞大，运行的软件越来越复杂，环境配置问题所造成的麻烦层出不穷.....为了解决这些问题，开源社区推出过不少优秀的工具。这些方案虽然在某些程度上确能解决部分“燃眉之急”，但是始终没有一种方案能带来“一劳永逸”的效果。

让作为企业最核心资源的工程师们花费大量的时间，去解决各种环境和配置引发的Bug，这真的正常吗？

回顾计算机的发展历程，最初，程序设计人员需要直接操作各种枯燥的机器指令，编程效率之低可想而知。高级语言的诞生，将机器指令的具体实现成功抽象出来，从此揭开了计算机编程效率突飞猛进的大时代。那么，为什么不能把类似的理念（抽象与分层）也引入到现代的研发和运维领域呢？

Docker无疑在这一方向上迈出了具有革新意义的一步。笔者在刚接触Docker时，就为它所能带来的敏捷工作流程而深深吸引，也为它能充分挖掘云计算资源的效能而兴奋不已。我们深信，Docker的出现，必将给DevOps技术，甚至整个信息技术产业的发展带来深远的影响。

笔者曾尝试编写了介绍Docker技术的中文开源文档。短短一个月的时间，竟收到了来自全球各个地区超过20万次的阅读量和全五星的好评。这让我们看到国内技术界对于新兴开源技术的敏锐嗅觉和迫切需求，同时也倍感压力，生怕其中有不妥之处，影响了大家学习和推广Docker技术的热情。在开源文档撰写过程中，我们一直在不断思考，在生产实践中到底怎么用Docker才是合理的？在“华章图书”的帮助下，终于有了现在读者手中的这本书。

与很多技术类书籍不同，本书中避免一上来就讲述冗长的故事，而

是试图深入浅出、直奔主题，在最短时间内让读者理解和掌握最关键的技术点，并且配合实际操作案例和精炼的点评，给读者提供真正可以上手的实战指南。

本书在结构上分为三大部分。第一部分是Docker技术的基础知识介绍，这部分将让读者对Docker技术能做什么有个全局的认识；第二部分将具体讲解各种典型场景的应用案例，供读者体会Docker在实际应用中的高效秘诀；第三部分将讨论一些偏技术环节的高级话题，试图让读者理解Docker在设计上的工程美学。最后的附录归纳了应用Docker的常见问题和一些常用的参考资料。读者可根据自身需求选择阅读重点。全书主要由杨保华和戴王剑主笔，曹亚仑写作了编程开发和实践之道章节。

本书在写作过程中参考了官方网站上的部分文档，并得到了DockerPool技术社区网友们的积极反馈和支持，在此一并感谢！

成稿之际，Docker已经发布了增强安全特性的1.3.2版本。衷心祝愿Docker及相关技术能够快速成长和成熟，让众多IT从业人员的工作和生活都更加健康、更加美好！

作者于2014年11月



# 第一部分 基础入门

- 第1章 初识容器与Docker
- 第2章 核心概念与安装配置
- 第3章 使用Docker镜像
- 第4章 操作Docker容器
- 第5章 访问Docker仓库
- 第6章 Docker数据管理
- 第7章 端口映射与容器互联
- 第8章 使用Dockerfile创建镜像

本部分共有8章内容，笔者将介绍Docker和容器的相关基础知识。

第1章介绍Docker的前世与今生，以及它与现有的虚拟化技术，特别是Linux容器技术的关系。

第2章介绍Docker的三大核心概念，以及如何在常见的操作系统环境中安装Docker。

第3章到第5章通过具体的示例，讲解使用Docker的常见操作，包括镜像、容器和仓库。

第6章剖析如何在Docker中使用数据卷来保存持久化数据。

第7章介绍如何使用端口映射和容器互联来方便外部对容器服务的访问。

第8章介绍如何编写Dockerfile配置文件，以及使用Dockerfile来创建镜像的具体方法和注意事项。

## 第1章 初识容器与Docker

如果说主机时代大家比拼的是单个服务器物理性能（如CPU主频和内存），那么在云时代，最为看重的则是凭借虚拟化技术所构建的集群处理能力。

伴随着信息技术的飞速发展，虚拟化技术早已经广泛应用到各种关键场景中。从20世纪60年代IBM推出的大型主机虚拟化，到后来以Xen、KVM为代表的虚拟机虚拟化，再到现在以Docker为代表的容器技术，虚拟化技术自身也在不断进行创新和突破。

传统来看，虚拟化既可以通过硬件模拟来实现，也可以通过操作系统软件来实现。而容器技术则更为优雅，它充分利用了操作系统本身已有的机制和特性，可以实现远超传统虚拟机的轻量级虚拟化。因此，有人甚至把它称为“新一代的虚拟化”技术，并将基于容器打造的云平台亲切地称为“容器云”。

Docker毫无疑问正是众多容器技术中的佼佼者，是容器技术发展过程中耀眼的一抹亮色。那么，什么是Docker？它会带来哪些好处？它跟现有虚拟化技术又有何关系？

本章首先会介绍Docker项目的起源和发展过程，之后会为大家剖析Docker和相关容器技术，以及它在DevOps等场景带来的巨大便利。最后，还将阐述Docker在整个虚拟化领域中的技术定位。

## 1.1 什么是Docker

### 1.Docker开源项目背景

Docker是基于Go语言实现的开源容器项目，诞生于2013年年初，最初发起者是dotCloud公司。Docker自开源后受到广泛的关注和讨论，目前已有多个相关项目（包括Docker三剑客、Kubernetes等），逐渐形成了围绕Docker容器的生态体系。

由于Docker在业界造成的影响力实在太太大，dotCloud公司后来也直接改名为Docker Inc，并专注于Docker相关技术和产品的开发。

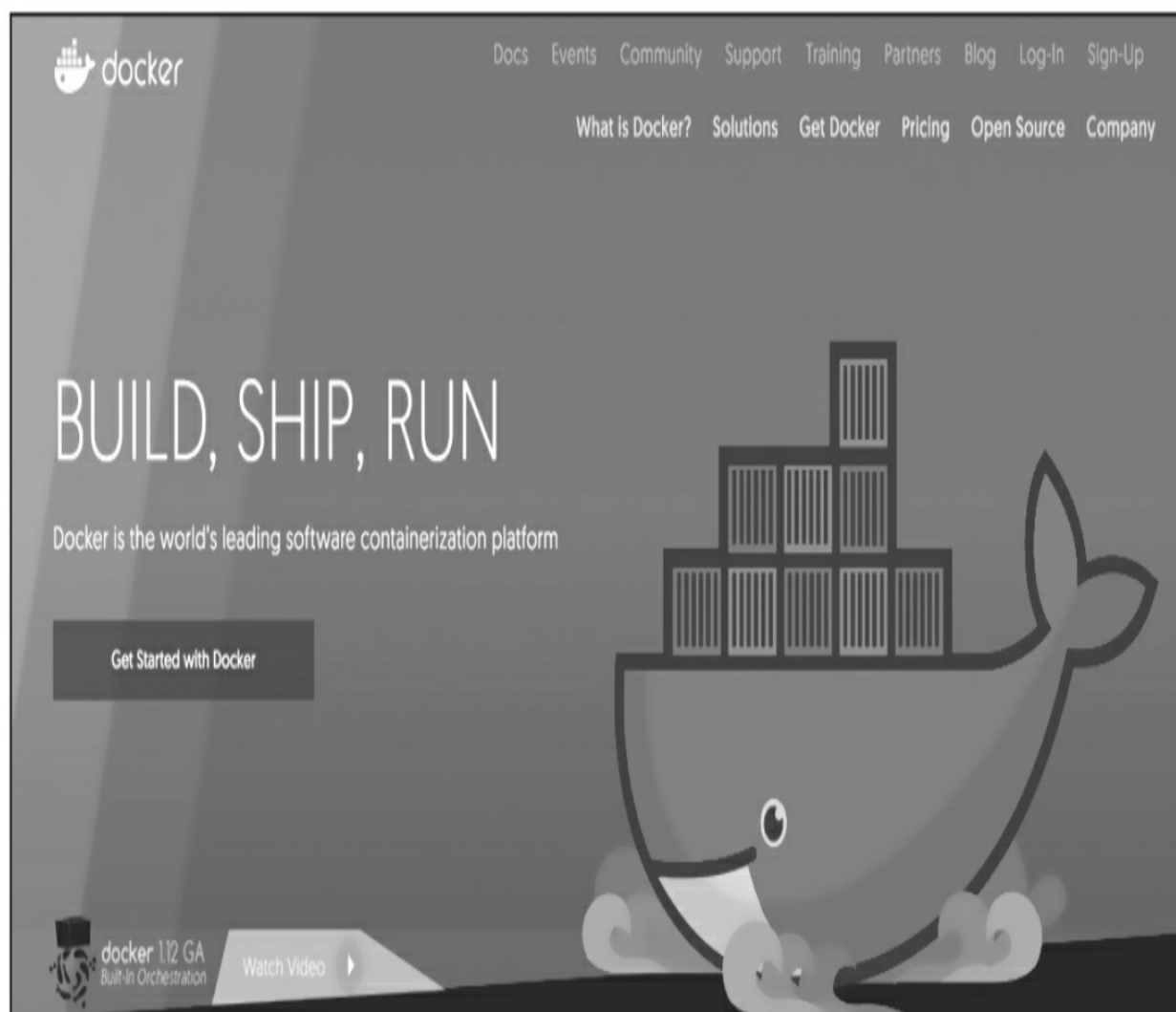


图1-1 Docker官方网站

Docker项目已加入了Linux基金会，并遵循Apache2.0协议，全部开源代码均在<https://github.com/docker/docker>上进行维护。在Linux基金会最近一次关于“最受欢迎的云计算开源项目”的调查中，Docker仅次于2010年发起的OpenStack项目，并仍处于上升趋势。

现在主流的Linux操作系统都已经支持Docker。例如，红帽公司的RHEL 6.5/CentOS 6.5往上的操作系统、Ubuntu 14.04往上的操作系统，都已经在软件源中默认带有Docker软件包。Google公司宣称在其PaaS（Platform as a Service）平台及服务产品中广泛应用了Docker容器。IBM公司跟Docker公司达成了战略合作伙伴关系。微软公司在其云平台Azure上加强了对Docker的支持。公有云提供商亚马逊也推出了AWS EC2 Container服务，提供对Docker和容器业务的支持。

Docker的构想是要实现“Build, Ship and Run Any App, Anywhere”，即通过对应用的封装（Packaging）、分发（Distribution）、部署（Deployment）、运行（Runtime）生命周期进行管理，达到应用组件“一次封装，到处运行”的目的。这里的应用组件，既可以是一个Web应用、一个编译环境，也可以是一套数据库平台服务，甚至是一个操作系统或集群。

基于Linux平台上的多项开源技术，Docker提供了高效、敏捷和轻量级的容器方案，并支持部署到本地环境和多种主流云平台。可以说，Docker首次为应用的开发、运行和部署提供了“一站式”的实用解决方案。

## 2.Linux容器技术——巨人的肩膀

跟大部分新兴技术的诞生一样，Docker也并非“从石头缝里蹦出来的”，而是站在前人的肩膀上，其中最重要的就是Linux容器（Linux Containers, LXC）技术。

IBM DeveloperWorks网站关于容器技术的描述十分准确：“容器有效地将由单个操作系统管理的资源划分到孤立的组中，以更好地在孤立的组之间平衡有冲突的资源使用需求。与虚拟化相比，这样既不需要指令级模拟，也不需要即时编译。容器可以在核心CPU本地运行指令，而不需要任何专门的解释机制。此外，也避免了准虚拟化（paravirtualization）和系统调用替换中的复杂性。”

当然，LXC也经历了长期的演化。最早的容器技术可以追溯到1982年Unix系列操作系统上的chroot工具（直到今天，主流的Unix、Linux操作系统仍然支持和带有该工具）。早期的容器实现技术包括Sun Solaris操作系统上的Solaris Containers（2004年发布），FreeBSD操作系统上的FreeBSD jail（2000年左右出现），以及GNU/Linux上的Linux-VServer和OpenVZ。

在LXC之前，这些相关技术经过多年的演化已经十分成熟和稳定，但是由于种种原因，它们并没有被很好地集成到主流的Linux内核中，用户使用起来并不方便。例如，如果用户要使用OpenVZ技术，需要先手动给操作系统打上特定的内核补丁方可使用，而且不同版本并不一致。类似的困难造成在很长一段时间内，这些优秀的技术只流传于技术人员的小圈子中。

后来LXC项目借鉴了前人成熟的容器设计理念，并基于一系列新引入的内核特性，实现了更具扩展性的虚拟化容器方案。更加关键的是，LXC终于被集成到了主流Linux内核中，进而成为了Linux系统轻量级容器技术的事实标准。从技术层面来看，LXC已经趟过了绝大部分的“坑”，完成了容器技术实用化的大半历程。

### 3.从Linux容器到Docker

在LXC的基础上，Docker进一步优化了容器的使用体验，让它进入了寻常百姓家。

首先，Docker提供了各种容器管理工具（如分发、版本、移植等）让用户无需关注底层的操作，可以更简单明了地管理和使用容器；其次，Docker通过引入分层文件系统构建和高效的镜像机制，降低了迁移难度，极大地提升了用户体验。用户操作Docker容器就像操作应用自身一样简单。

早期的Docker代码实现是直接基于LXC的。自0.9版本开始，Docker开发了libcontainer项目，作为更广泛的容器驱动实现，从而替换掉了LXC的实现。目前，Docker还积极推动成立了runC标准项目，试图让容器支持不再局限于Linux操作系统，而是更安全、更具扩展性。

简单地讲，读者可以将Docker容器理解为一种轻量级的沙盒（sandbox）。每个容器内运行着一个应用，不同的容器相互隔离，容

器之间也可以通过网络互相通信。容器的创建和停止都十分快速，几乎跟创建和终止原生应用一致；另外，容器自身对系统资源的额外需求也十分有限，远远低于传统虚拟机。很多时候，甚至直接把容器当作应用本身也没有任何问题。

有理由相信，**Docker**技术会进一步成熟，将成为更受欢迎的容器虚拟化技术实现，并在云计算和**DevOps**等领域得到更广泛的应用。



## 1.2 为什么要使用Docker

### 1.Docker容器虚拟化的好处

Docker项目的发起人和Docker公司CTO Solomon Hykes曾认为，Docker在正确的地点、正确的时间顺应了正确的趋势——如何正确地构建应用。

在云时代，开发者创建的应用必须要能很方便地在网络上传播，也就是说应用必须脱离底层物理硬件的限制；同时必须是“任何时间、任何地点”可获取的。因此，开发者需要一种新型的创建分布式应用程序的方式，快速分发和部署，这正是Docker所能够提供的最大优势。

举个简单的例子，假设用户试图基于最常见的LAMP（Linux+Apache+MySQL+PHP）组合来构建一个网站。按照传统的做法，首先，需要安装Apache、MySQL和PHP以及它们各自运行所依赖的环境；之后分别对它们进行配置（包括创建合适的用户、配置参数等）；经过大量的操作后，还需要进行功能测试，看是否工作正常；如果不正常，则进行调试追踪，意味着更多的时间代价和不可控的风险。可以想象，如果应用数目变多，事情会变得更加难以处理。

更为可怕的是，一旦需要服务器迁移（例如从亚马逊云迁移到其他云），往往需要对每个应用都进行重新部署和调试。这些琐碎而无趣的“体力活”，极大地降低了工作效率。究其根源，是这些应用直接运行在底层操作系统上，无法保证同一份应用在不同的环境中行为一致。

而Docker提供了一种更为聪明的方式，通过容器来打包应用，解耦应用和运行平台。意味着迁移的时候，只需要在新的服务器上启动需要的容器就可以了，无论新旧服务器是否是同一类型的平台。这无疑将节约大量的宝贵时间，并降低部署过程出现问题的风险。

### 2.Docker在开发和运维中的优势

对开发和运维（DevOps）人员来说，可能最梦寐以求的效果就是一次创建或配置，之后可以在任意地方、任意时间让应用正常运行。而Docker恰恰是可以实现这一终极目标的“瑞士军刀”。

具体说来，Docker在开发和运维过程中，具有如下几个方面的优势：

·**更快速的交付和部署**。使用Docker，开发人员可以使用镜像来快速构建一套标准的开发环境；开发完成之后，测试和运维人员可以直接使用完全相同环境来部署代码。只要开发测试过的代码，就可以确保在生产环境无缝运行。Docker可以快速创建和删除容器，实现快速迭代，大量节约开发、测试、部署的时间。并且，整个过程全程可见，使团队更容易理解应用的创建和工作过程。

·**更高效的资源利用**。Docker容器的运行不需要额外的虚拟化管理程序（Virtual Machine Manager, VMM，以及Hypervisor）支持，它是内核级的虚拟化，可以实现更高的性能，同时对资源的额外需求很低。跟传统虚拟机方式相比，要提高一到两个数量级。

·**更轻松的迁移和扩展**。Docker容器几乎可以在任意的平台上运行，包括物理机、虚拟机、公有云、私有云、个人电脑、服务器等，同时支持主流的操作系统发行版本。这种兼容性让用户可以在不同平台之间轻松地迁移应用。

·**更简单的更新管理**。使用Dockerfile，只需要小小的配置修改，就可以替代以往大量的更新工作。并且所有修改都以增量的方式被分发和更新，从而实现自动化并且高效的容器管理。

### 3.Docker与虚拟机比较

作为一种轻量级的虚拟化方式，Docker在运行应用上与传统的虚拟机方式相比具有显著优势：

·Docker容器很快，启动和停止可以在秒级实现，而传统的虚拟机方式需要数分钟。

·Docker容器对系统资源需求很少，一台主机上可以同时运行数千个Docker容器（在IBM服务器上已经实现了同时运行10K量级的容器实例）。

·Docker通过类似Git设计理念的操作来方便用户获取、分发和更新应用镜像，存储复用，增量更新。



·**Docker**通过**Dockerfile**支持灵活的自动化创建和部署机制，提高工作效率，使流程标准化。

**Docker**容器除了运行其中应用外，基本不消耗额外的系统资源，保证应用性能的同时，尽量减小系统开销。传统虚拟机方式运行N个不同的应用就要起N个虚拟机（每个虚拟机需要单独分配独占的内存、磁盘等资源），而**Docker**只需要启动N个隔离的“很薄的”容器，并将应用放进容器内即可。应用获得的是接近原生的运行性能。

当然，在隔离性方面，传统的虚拟机方式提供的是相对封闭的隔离。但这并不意味着**Docker**就不安全，**Docker**利用Linux系统上的多种防护技术实现了严格的隔离可靠性，并且可以整合众多安全工具。从1.3.0版本开始，**Docker**重点改善了容器的安全控制和镜像的安全机制，极大提高了使用**Docker**的安全性。在已知的大规模应用中，目前尚未出现值得担忧的安全隐患。

表1-1总结了使用**Docker**容器技术与传统虚拟机技术的特性比较，可见容器技术在很多应用场景下都具有巨大的优势。

表1-1 Docker容器技术与传统虚拟机技术的特性比较

特 性	容 器	虚拟机
启动速度	秒级	分钟级
性能	接近原生	较弱
内存代价	很小	较多
硬盘使用	一般为 MB	一般为 GB
运行密度	单机支持上千个容器	一般几十个
隔离性	安全隔离	完全隔离
迁移性	优秀	一般

## 1.3 Docker与虚拟化

虚拟化（Virtualization）技术是一个通用的概念，在不同领域有不同的理解。在计算领域，一般指的是计算虚拟化（Computing Virtualization），或通常说的服务器虚拟化。维基百科上的定义如下：“虚拟化是一种资源管理技术，是将计算机的各种实体资源，如服务器、网络、内存及存储等，予以抽象、转换后呈现出来，打破实体结构间的不可切割的障碍，使用户可以比原本的组态更好的方式来应用这些资源。”

可见，虚拟化的核心是对资源的抽象，目标往往是为了在同一个主机上同时运行多个系统或应用，从而提高系统资源的利用率，并且带来降低成本、方便管理和容错容灾等好处。

从大类上分，虚拟化技术可分为基于硬件的虚拟化和基于软件的虚拟化。其中，真正意义上的基于硬件的虚拟化技术不多见，少数如网卡中的单根多IO虚拟化（Single Root I/O Virtualization and Sharing Specification, SR-IOV）等技术，也超出了本书的讨论范畴。

基于软件的虚拟化从对象所在的层次，又可以分为应用虚拟化和平台虚拟化（通常说的虚拟机技术即属于这个范畴）。其中，前者一般指的是是一些模拟设备或诸如Wine这样的软件。后者又可以细分为如下几个子类：

- 完全虚拟化**。虚拟机模拟完整的底层硬件环境和特权指令的执行过程，客户操作系统无需进行修改。例如IBM p和z系列的虚拟化、VMware Workstation、VirtualBox、QEMU等。

- 硬件辅助虚拟化**。利用硬件（主要是CPU）辅助支持（目前x86体系结构上可用的硬件辅助虚拟化技术包括Intel-VT和AMD-V）处理敏感指令来实现完全虚拟化的功能，客户操作系统无需修改，例如VMware Workstation、Xen、KVM。

- 部分虚拟化**。只针对部分硬件资源进行虚拟化，客户操作系统需要进行修改。现在有些虚拟化技术的早期版本仅支持部分虚拟化。

- 准虚拟化（paravirtualization）**。部分硬件接口以软件的形式提供

给客户机操作系统，客户操作系统需要进行修改，例如早期的Xen。

·**操作系统级虚拟化**。内核通过创建多个虚拟的操作系统实例（内核和库）来隔离不同的进程。容器相关技术即在这个范畴。

可见，**Docker**以及其他容器技术，都属于操作系统虚拟化这个范畴，操作系统虚拟化最大的特点就是不需要额外的supervisor支持。

**Docker**虚拟化方式之所以有众多优势，这与操作系统虚拟化技术自身的设计和实现是分不开的。

图1-2比较了**Docker**和常见的虚拟化方式的不同之处。

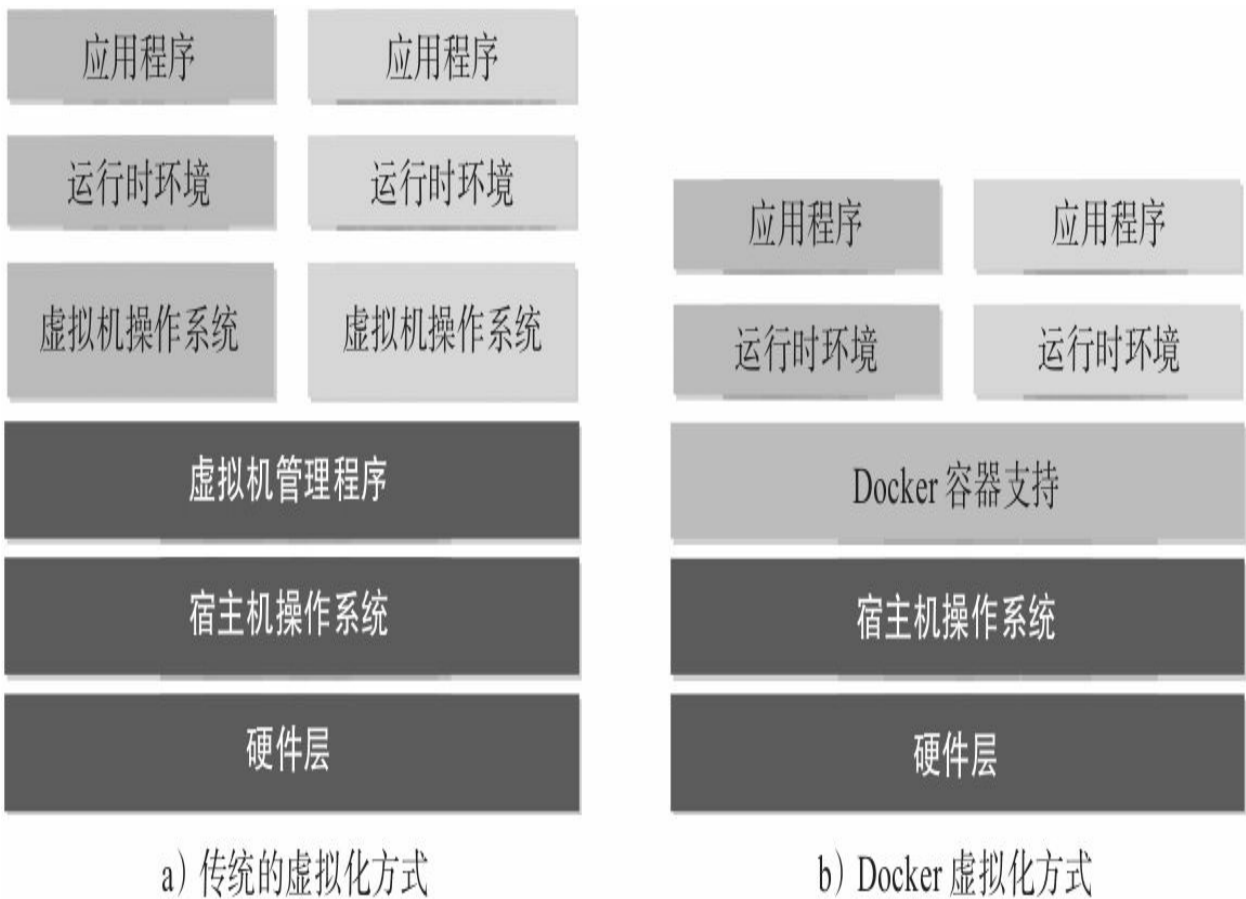


图1-2 **Docker**和传统的虚拟化方式的不同之处

传统方式是在硬件层面实现虚拟化，需要有额外的虚拟机管理应用和虚拟机操作系统层。**Docker**容器是在操作系统层面上实现虚拟化，直接复用本地主机的操作系统，因此更加轻量级。

## 1.4 本章小结

本章介绍了容器虚拟化的基本概念、Docker的诞生及发展历史，以及容器在云时代应用分发场景下的巨大优势。

与传统的虚拟机相比，容器虚拟化方式在很多场景下都有极为明显的优势。无论是系统管理员、应用开发人员、测试人员以及运维管理人员，都应该尽快掌握Docker，尽早享受其带来的巨大便利。

后续章节，笔者将结合实践案例具体介绍Docker的安装、使用，让我们一起开启精彩的Docker之旅。

## 第2章 核心概念与安装配置

本章首先介绍Docker的三大核心概念。

- 镜像（Image）
- 容器（Container）
- 仓库（Repository）

只有理解了这三个核心概念，才能顺利地理解Docker容器的整个生命周期。

随后，笔者将介绍如何在常见的操作系统平台上安装Docker，包括Ubuntu、CentOS、MacOS和Windows等主流操作系统平台。

## 2.1 核心概念

Docker的大部分操作都围绕着它的三大核心概念——镜像、容器和仓库而展开。因此，准确把握这三大核心概念对于掌握Docker技术尤为重要。

### 1.Docker镜像

Docker镜像类似于虚拟机镜像，可以将它理解为一个只读的模板。例如，一个镜像可以包含一个基本的操作系统环境，里面仅安装了Apache应用程序（或用户需要的其他软件）。可以把它称为一个Apache镜像。

镜像是创建Docker容器的基础。通过版本管理和增量的文件系统，Docker提供了一套十分简单的机制来创建和更新现有的镜像，用户甚至可以从网上下载一个已经做好的应用镜像，并直接使用。

### 2.Docker容器

Docker容器类似于一个轻量级的沙箱，Docker利用容器来运行和隔离应用。容器是从镜像创建的应用运行实例。可以将其启动、开始、停止、删除，而这些容器都是彼此相互隔离的、互不可见的。

可以把容器看做是一个简易版的Linux系统环境（包括root用户权限、进程空间、用户空间和网络空间等）以及运行在其中的应用程序打包而成的盒子。



注意

镜像自身是只读的。容器从镜像启动的时候，会在镜像的最上层创建一个可写层。

### 3.Docker仓库

Docker仓库类似于代码仓库，它是Docker集中存放镜像文件的场所。

有时候会看到有资料将Docker仓库和仓库注册服务器（Registry）混为一谈，并不严格区分。实际上，仓库注册服务器是存放仓库的地方，其上往往存放着多个仓库。每个仓库集中存放某一类镜像，往往包括多个镜像文件，通过不同的标签（tag）来进行区分。例如存放Ubuntu操作系统镜像的仓库称为Ubuntu仓库，其中可能包括14.04、12.04等不同版本的镜像。仓库注册服务器的示例如图2-1所示。

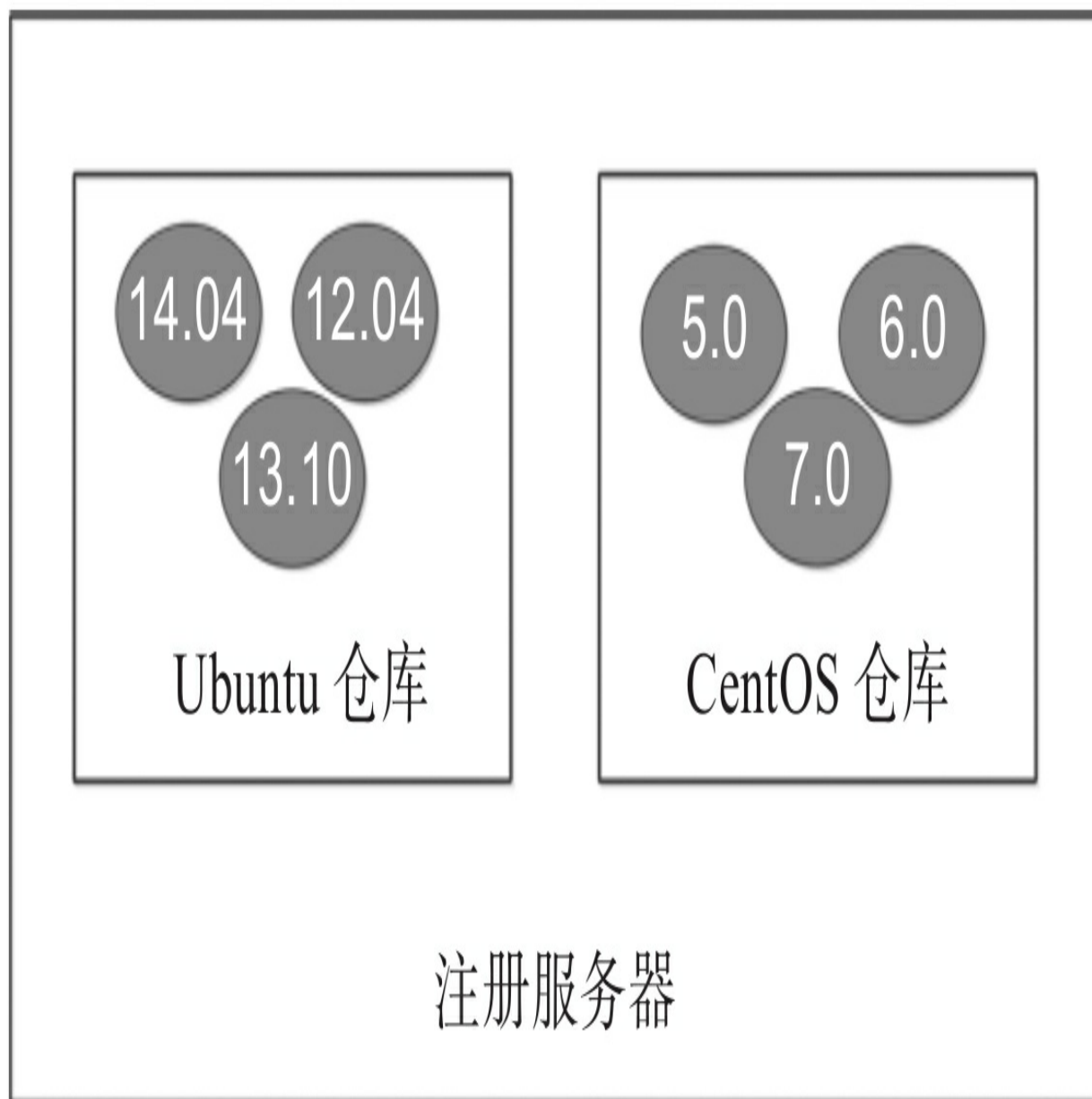


图2-1 注册服务器与仓库

根据所存储的镜像公开分享与否，**Docker**仓库可以分为公开仓库（**Public**）和私有仓库（**Private**）两种形式。目前，最大的公开仓库是官方提供的**Docker Hub**，其中存放了数量庞大的镜像供用户下载。国内不少云服务提供商（如时速云、阿里云等）也提供了仓库的本地源，可以提供稳定的国内访问。

当然，用户如果不希望公开分享自己的镜像文件，**Docker**也支持用户在本机网络内创建一个只能自己访问的私有仓库。当用户创建了自己的镜像之后就可以使用**push**命令将它上传到指定的公有或者私有仓库。这样用户下次在另外一台机器上使用该镜像时，只需要将其从仓库上**pull**下来就可以了。



提示

可以看出，**Docker**利用仓库管理镜像的设计理念与**Git**非常相似，实际上在理念设计上借鉴了**Git**的很多优秀思想。



## 2.2 安装Docker

Docker在主流的操作系统和云平台上都可以使用，包括Linux操作系统（如Ubuntu、Debian、CentOS、Redhat等）、MacOS操作系统和Windows操作系统，以及AWS等云平台。

用户可以访问Docker官网的Get Docker（<https://www.docker.com/products/overview>）页面，查看获取Docker的方式，以及Docker支持的平台类型，如图2-2所示。

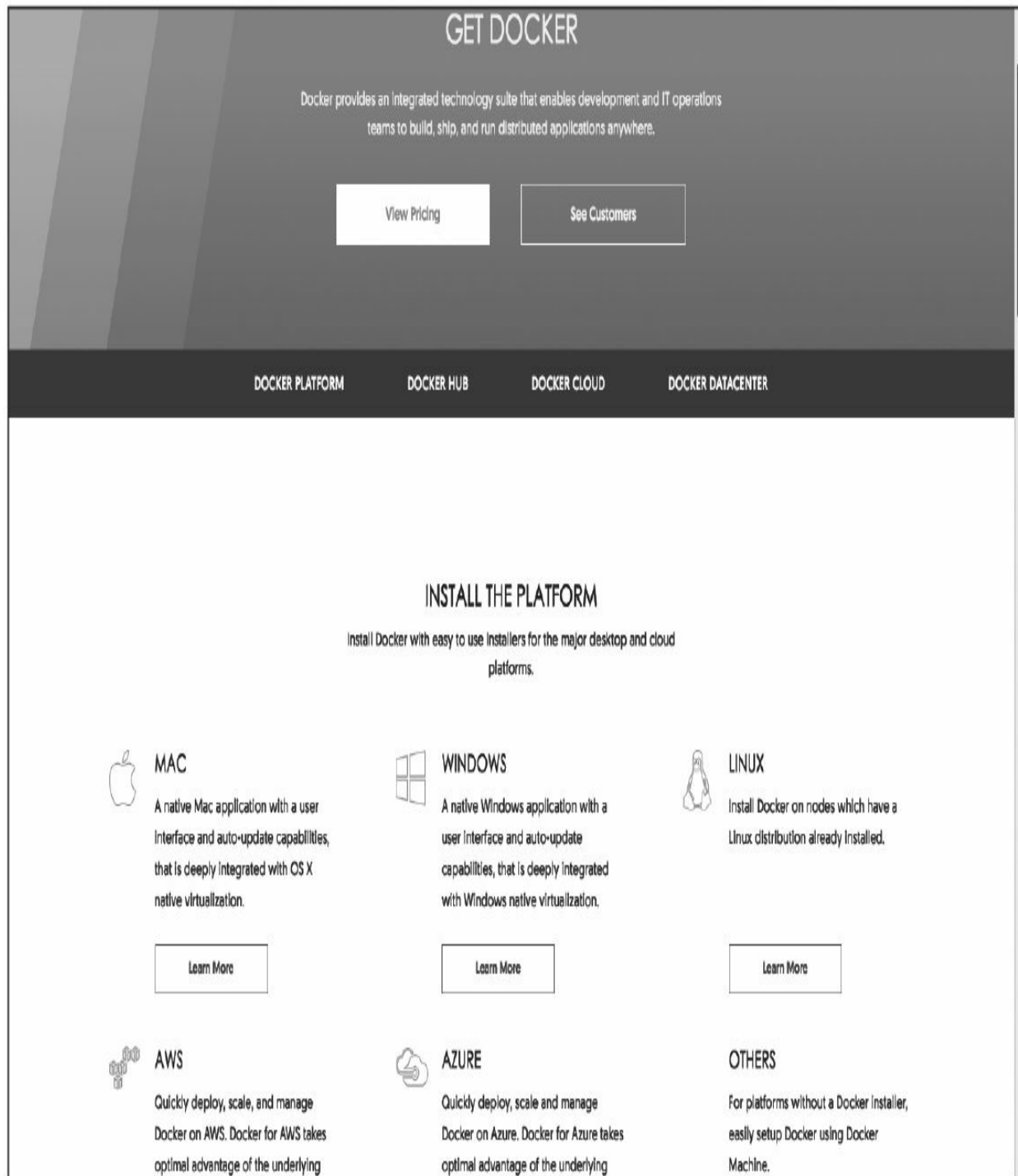


图2-2 获取Docker

在Get Docker页面，我们可以看到目前Docker支持Docker Platform、Docker Hub、Docker Cloud和Docker DataCenter。

·Docker Platform：支持在桌面系统或云平台安装Docker；

·**DockerHub**: 官方提供的云托管服务, 可以提供公有或私有的镜像仓库;

·**DockerCloud**: 官方提供的容器云服务, 可以完成容器的部署与管理, 可以完整地支持容器化项目, 还有CI、CD功能;

·**Docker DataCenter**: 提供企业级的简单安全弹性的容器集群编排和管理。

笔者推荐尽量使用Linux操作系统来运行Docker, 因为目前Linux操作系统对Docker的支持是原生的, 使用体验最好。

## 2.2.1 Ubuntu环境下安装Docker

### 1.系统要求

Docker目前只能运行在64位平台上, 并且要求内核版本不低于3.10, 实际上内核越新越好, 过低的内核版本容易造成功能不稳定。

用户可以通过如下命令检查自己的内核版本详细信息:

---

```
$ uname -a
Linux Host 3.16.0-43-generic #58-14.04.1-Ubuntu SMP Mon Jun 22 10:21:20 UTC
2015 x86_64 x86_64 x86_64 GNU/Linux
```

---

或者:

---

```
$ cat /proc/version
Linux version 3.16.0-43-generic (build@brownie) (gcc version 4.8.2 (Ubuntu
4.8.2-19ubuntu1) ) #58-14.04.1-Ubuntu SMP Mon Jun 22 10:21:20 UTC 2015
```

---

Docker目前支持的最低Ubuntu版本为12.04 LTS, 但实际上从稳定性上考虑, 推荐至少使用14.04 LTS版本。

如果使用12.04 LTS版本, 首先要更新系统内核和安装可能需要的软件包, 包括:

·linux-image-generic-lts-trusty (必备)

·linux-headers-generic-lts-trusty (必备)

·xserver-xorg-lts-trusty（带图形界面时必备）

·libgl1-mesa-glx-lts-trusty（带图形界面时必备）

另外，为了让Docker使用aufs存储，推荐安装linux-image-extra软件包。

---

```
$ sudo apt-get install -y linux-image-extra-$(uname -r)
```

---



注意

Ubuntu发行版中，LTS（Long-Term-Support）意味着更稳定的功能和更长期（目前为5年）的升级支持，生产环境中尽量使用LTS版本。

## 2.添加镜像源

首先需要安装apt-transport-https包支持HTTPS协议的源：

---

```
$ sudo apt-get install -y apt-transport-https
```

---

添加源的gpg密钥：

---

```
$ sudo apt-key adv --keyserver hkp://p80.pool.sks-keyservers.net:80 --recv-keys  
58118E89F3A912897C070ADB76221572C52609D
```

---

获取当前操作系统的代号：

---

```
$ lsb_release -c  
Codename:         trusty
```

---

一般情况下，12.04（LTS）代号为precise，14.04（LTS）代号为trusty，15.04代号为vivid，15.10代号为wily。这里获取的代号为trusty。

接下来就可以添加Docker的官方apt软件源了。通过下面的命令创

建/etc/apt/sources.list.d/docker.list文件，并写入源的地址内容。非trusty版本的系统注意修改为自己对应的代号：

```
$ sudo cat <<EOF > /etc/apt/sources.list.d/docker.list
deb https://apt.dockerproject.org/repo ubuntu-trusty main
EOF
```

添加成功后，更新apt软件包缓存：

```
$ sudo apt-get update
```

### 3.开始安装Docker

在成功添加源之后，就可以安装最新版本的Docker了，软件包名称为docker-engine：

```
$ sudo apt-get install -y docker-engine
```

如果系统中存在较旧版本的Docker（lxc-docker），会提示是否先删除，选择“是”即可。

除了基于手动添加软件源的方式，也可以使用官方提供的脚本来自自动化安装Docker：

```
$ sudo curl -sSL https://get.docker.com/ | sh
```

安装成功后，启动docker服务：

```
$ sudo service docker start
```

## 2.2.2 CentOS环境下安装Docker

系统的要求与Ubuntu情况下类似：64位操作系统，内核版本至少为3.10。

Docker目前支持CentOS 6.5及以后的版本，推荐使用CentOS 7系统。

首先，也是要添加yum软件源：

---

```
$ sudo tee /etc/yum.repos.d/docker.repo <<- 'EOF'
[dockerrepo]
name=Docker Repository
baseurl=https://yum.dockerproject.org/repo/main/centos/$releasever/
enabled=1
gpgcheck=1
gpgkey=https://yum.dockerproject.org/gpg
EOF
```

---

之后更新yum软件源缓存，并安装docker-engine：

---

```
$ sudo yum update
$ sudo yum install -y docker-engine
```

---

对于CentOS 7系统，CentOS-Extras源中已内置Docker，如果已经配置了CentOS-Extras源，可以直接通过上面的yum命令进行安装。

### 2.2.3 通过脚本安装

用户还可以使用官方提供的shell脚本来在Linux系统（目前支持Ubuntu、Debian、Oracleserver、Fedora、Centos、OpenSuse、Gentoo等常见发行版）上安装Docker的最新正式版本，该脚本会自动检测系统信息并进行相应配置：

---

```
$ curl -fsSL https://get.docker.com/ | sh
```

---

或者：

---

```
$ wget -qO- https://get.docker.com/ | sh
```

---

如果想尝鲜使用最新功能，可以使用下面的脚本来安装预发布版本。但要注意，预发布版本往往意味着功能还不够稳定，不要在生产环境中使用：

---

```
$ curl -fsSL https://test.docker.com/ | sh
```

---

另外，也可以从[github.com/docker/docker/releases](https://github.com/docker/docker/releases)找到所有的发行版本信息和二进制包，自行下载使用。

## 2.2.4 Mac OS环境下安装Docker

Docker官方非常重视Docker在Mac环境下的易用性。目前Docker支持原生Mac客户端，内置图形界面，支持自动升级。此客户端与Mac OS X的原生虚拟化深度结合，摒弃了之前安装VirtualBox（即Docker Toolbox）的简单粗暴的做法。我们先从官方默认的Docker for Mac开始。

### 1.Docker for Mac

**第一步**，下载安装包。访问<https://docs.docker.com/docker-for-mac/>下载页面。目前Docker for Mac分为稳定版和Beta版两种更新通道，我们可以按需选择。下载完成后，双击安装包，如图2-3所示。





图2-3 下载后打开安装包

**第二步**，开始安装。将Docker.app拖曳至Applications文件夹，即可完成安装，如图2-4所示。



图2-4 安装Docker到Applications文件夹

**第三步**，运行Docker for Mac。在欢迎窗口点击“Next”，如图2-5所示。

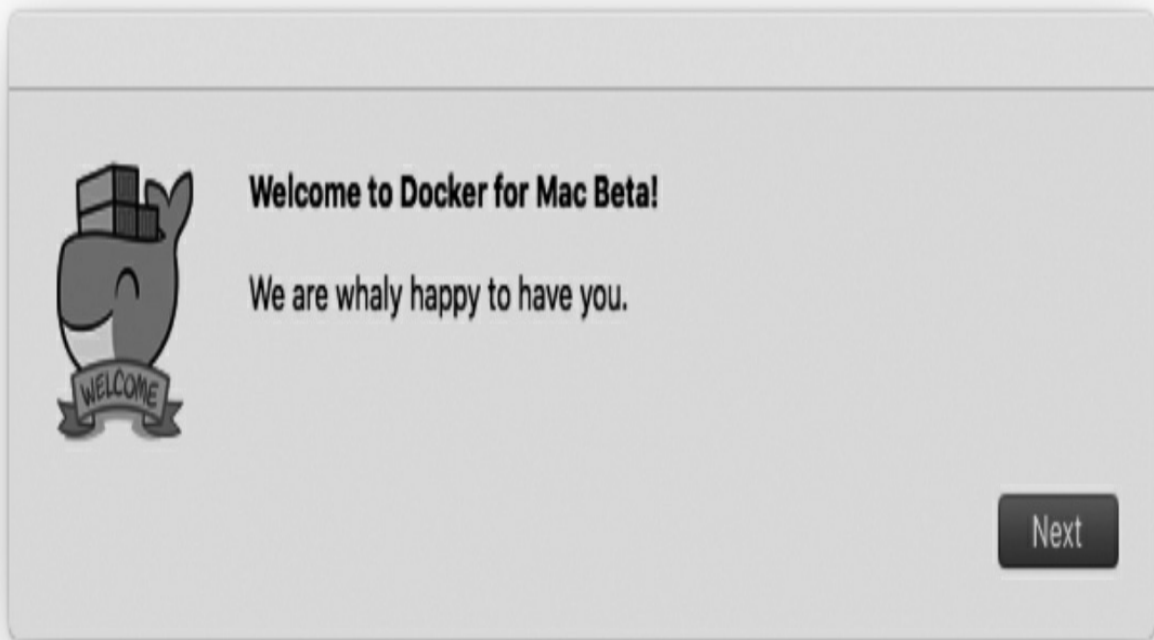


图2-5 欢迎窗口

允许Docker获得系统权限，它需要将Mac网卡链接至Docker app。点击“OK”后输入系统管理员密码，如图2-6所示。



图2-6 运行Docker for Mac

此时系统状态栏会出现Docker的Icon图标，点击后如果出现“Docker is running！”，则说明安装成功。

**第四步**，验证Docker安装。打开终端控制器或其他系统命令行，执行docker version命令。

---

```
$ docker version
Client:
 Version:      1.12.0
 API version:  1.24
 Go version:   go1.6.3
 Git commit:   8eab29e
 Built:        Thu Jul 28 21:15:28 2016
 OS/Arch:      darwin/amd64
Server:
 Version:      1.12.0
 API version:  1.24
 Go version:   go1.6.3
 Git commit:   8eab29e
 Built:        Thu Jul 28 21:15:28 2016
 OS/Arch:      linux/amd64
```

---

如果我们看到Client和Server均有输出，则说明Docker for Mac已经正常启动。如果我们看到报错：“Cannot connect to the Docker daemon.Is the docker daemon running on this host? ”，则说明Docker for Mac没有启

动或启动失败。

下面启动一个Nginx容器，检查能正确获取镜像并运行：

```
$ docker run -d -p 80:80 --name webserver nginx
Unable to find image 'nginx:latest' locally
latest: Pulling from library/nginx
51f5c6a04d83: Pull complete
a3ed95caeb02: Pull complete
51d229e136d0: Pull complete
bcd41daec8cc: Pull complete
Digest:
sha256:0fe6413f3e30fcc5920bc8fa769280975b10b1c26721de956e1428b9e2f29d04
Status: Downloaded newer image for nginx:latest
34bcd01998a76f67b1b9e6abe5b7db5e685af325d6fafb1acd0ce84e81e71e5d
```

然后使用docker ps指令查看当前运行的容器：

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	NAMES	CREATED
34bcd01998a7	nginx	"nginx -g 'daemon off'"	webserver	2 minutes ago
Up 2 minutes	0.0.0.0:80->80/tcp,	443/tcp		

可见Nginx容器已经在0.0.0.0: 80启动，并映射了80端口，下面我们打开浏览器访问此地址，如图2-7所示。

**第五步**，常用配置设定。首先，点击系统状态栏的Docker图标，会出现操作菜单，如图2-8所示。



图2-7 允许访问系统权限



● Docker is running

restart

About Docker

Check for Updates...

Preferences...

⌘,

Documentation

Diagnose & Feedback...

Open Kitematic

Quit Docker

⌘Q

图2-8 Docker菜单

然后，点击**Preferences**，进入标准配置页面，我们可以设置是否自动启动与更新，设置备份工具**Time Machine**是否备份VM，还可以配置Docker使用的CPU数、内存容量，如图2-9所示。

点击进入**Advanced**进阶配置。为了更好地使用Docker Hub，我们可以使用**Registry**镜像站点进行加速。点击+后，加入镜像站点配置。这里还可以配置**HTTP**代理服务器，如图2-10所示。

点击进入**File Sharing**标签页，此处可以配置挂载至容器中的本地目录。点击+后可以继续添加本地目录，如图2-11所示。

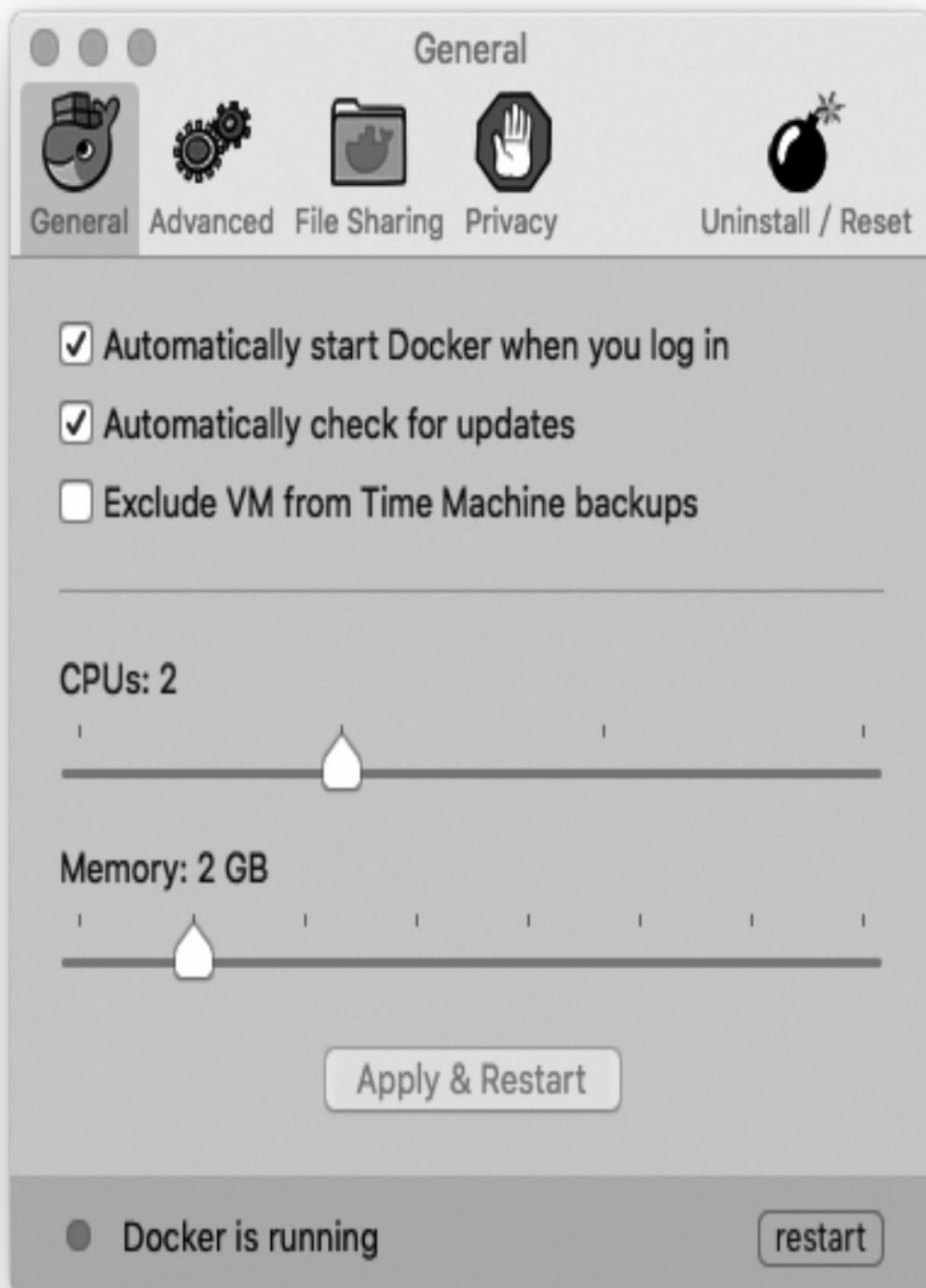




图2-9 标准配置页面

Advanced

General

Advanced

File Sharing

Privacy

Uninstall / Reset

Insecure registries:

+

-

Registry mirrors:

https://9530b714.mirror.aliyuncs.com

+

-

HTTP proxy settings:

HTTP

HTTPS

Exclude

\*.alibaba-inc.com, \*.aliexpress.com, \*.alibaba

Apply & Restart

Docker is running

restart

图2-10 高级配置页面

点击进入Privacy标签页，此处可以配置隐私选项，如是否发送使用信息，以及是否发送程序崩溃报告，如图2-12所示。

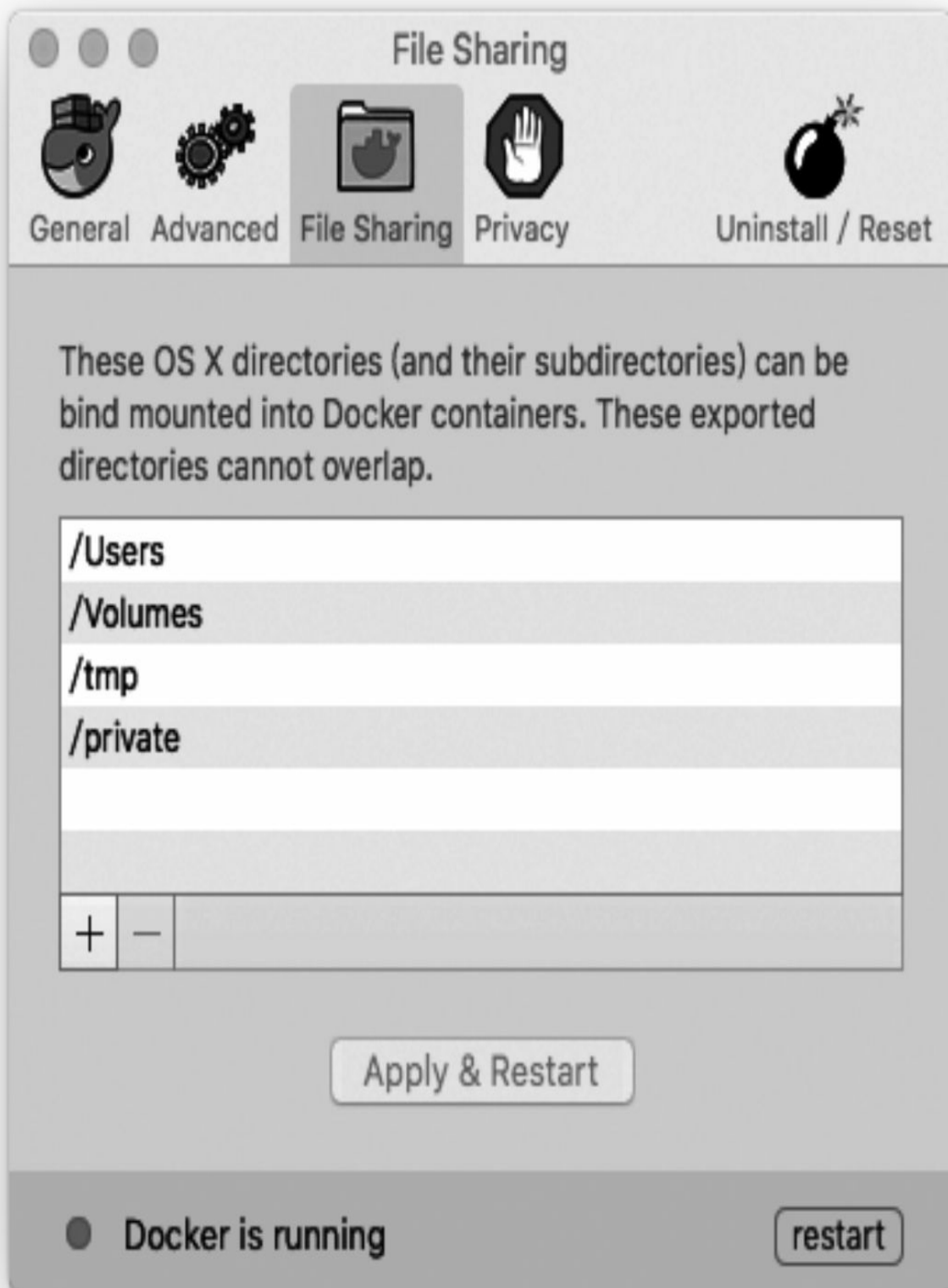


图2-11 文件分享配置页面



## Privacy



General



Advanced



File Sharing



Privacy



Uninstall / Reset

### Help improve Docker for Mac!

☒ **Send usage information**

Send system version and language as well as Docker app lifecycle information (e.g., starts, stops, resets)

☒ **Send crash reports**

Auto-send crash reports. Docker may prompt for more information about a crash even if this is checked.

---

Note: Docker always sends minimal ping with version information.

● Docker is running

restart

图2-12 隐私配置页面

## 2.Docker Toolbox

在Mac OS X操作系统上安装Docker，除了Docker for Mac的原生方式之外，还可以使用官方提供的Docker ToolBox工具。

首先前往<https://www.docker.com/products/docker-toolbox>下载对应版本的ToolBox。目前Docker支持的Mac OS X版本为10.6+。如图2-13所示。



图2-13 ToolBox安装页面

双击运行安装包。这个过程将安装一个VirtualBox虚拟机，内置了Docker Engine、Compose、Machine、Kitematic等管理工具。安装成功后，找到Boot2Docker并运行它。如图2-14所示。

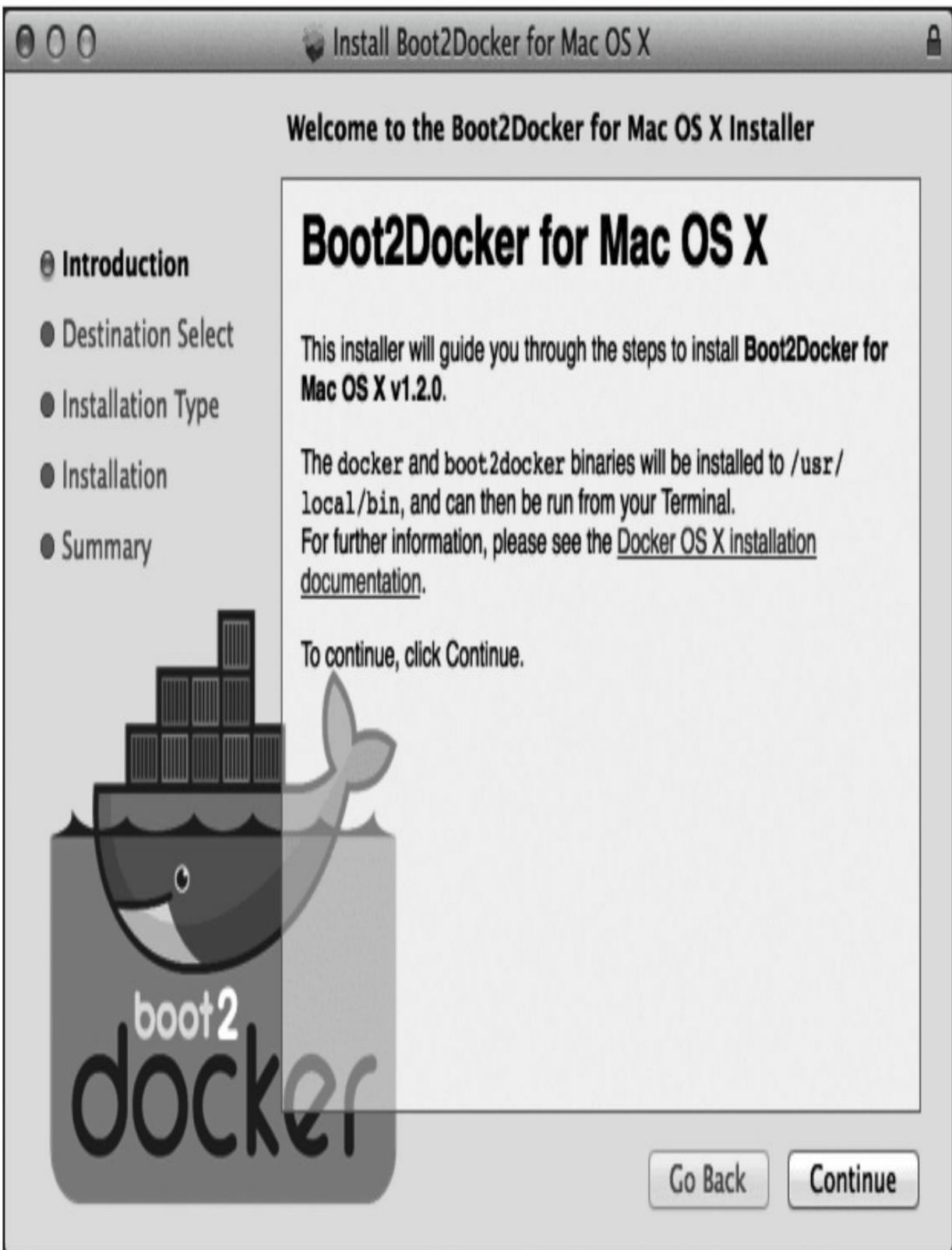


图2-14 Boot2Docker页面



现在进行Boot2Docker的初始化:

---

```
$ boot2docker init
$ boot2docker start
$ $(boot2docker shellinit)
```

---

将看到虚拟机在命令行窗口中启动运行。当虚拟机初始化完毕后,可以使用boot2docker stop和boot2docker start来控制它。

注意,如果在命令行中看到如下提示信息:

---

```
To connect the Docker client to the Docker daemon, please set: export DOCKER_
HOST=tcp://192.168.59.103:2375
```

---

可以执行提示信息中的语句: export DOCKER\_HOST=tcp://192.168.59.103: 2375。此语句的作用是在系统环境变量中设置Docker的主机地址。

## 2.2.5 Windows环境下安装Docker

目前Docker可以通过虚拟机方式来支持Windows 7和8,只要平台CPU支持硬件虚拟化特性即可。如果无法确定自己计算机的CPU是否支持该特性也无需担心,实际上,目前市面上主流的CPU都早已支持了硬件虚拟化特性。

对于Windows 10用户, Docker官方提供了原生虚拟化应用Docker for Windows。详情见: [https://docs.docker.com/windows/step\\_one/](https://docs.docker.com/windows/step_one/)。目前国内Windows 7还是主导地位的版本,所以下面主要讲解如何在Windows 7环境下安装Docker环境。

由于Docker引擎使用了Linux内核特性,所以如果要在Windows 10之外的Windows上运行,需要额外使用一个虚拟机来提供Linux支持。这里推荐使用Boot2Docker工具,它会首先安装一个经过加工与配置的轻量级虚拟机,然后在其中运行Docker。主要步骤如下:

首先,从<https://docs.docker.com/installation/windows/>下载最新官方Docker for Windows Installer。双击打开Installer。这个过程将安装VirtualBox、MSYS-git、boot2docker Linux ISO镜像,以及Boot2Docker管理工具。如图2-15所示。

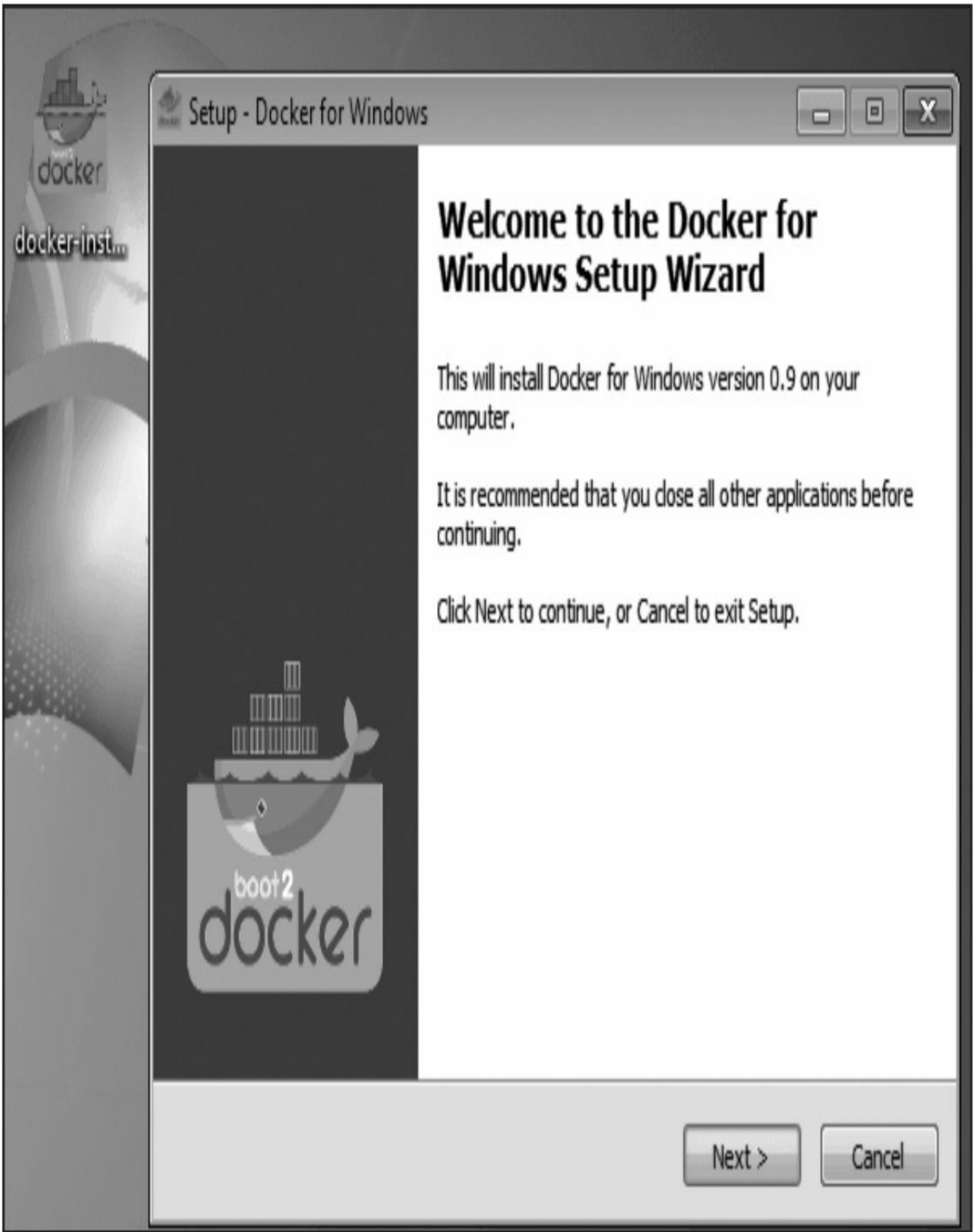


图2-15 Docker for Windows Installer

最后，打开桌面的Boot2Docker Start程序，或者Program Files\Boot2Docker for Windows。此初始化脚本在第一次运行时需要输入一个SSH Key Passphrase（用于SSH密钥生成的口令）。读者可以自行设定，也可以直接按回车键跳过此设定。如图2-16所示。



图2-16 Boot2Docker安装器

此时Boot2Docker Start程序将连接至虚拟机中的Shell会话，Docker已经运行起来了！

## 2.3 配置Docker服务

为了避免每次使用docker命令都要用特权身份，可以将当前用户加入安装中自动创建的docker用户组：

---

```
$ sudo usermod -aG docker USER_NAME
```

---

用户更新组信息后，退出并重新登录后即可生效。

另外，Docker服务支持多种启动参数。以Ubuntu 14.04系统为例，Docker服务的默认配置文件为/etc/default/docker，可以通过修改其中的DOCKER\_OPTS来修改服务启动的参数，例如，下一行代码让Docker服务可以通过本地2375端口接收来自外部的请求：

---

```
DOCKER_OPTS="$DOCKER_OPTS -H tcp://0.0.0.0:2375 -H unix:///var/run/docker.sock"
```

---

修改之后，通过service命令来重启Docker服务：

---

```
$ sudo service docker restart
```

---

一般情况下，Docker服务的管理脚本为/etc/init.d/docker，通过查看其中的内容，发现主要是将Docker进程的id写入/var/run/docker.pid文件，以及通过ulimit调整系统的资源限制。

如果是通过较新的upstart工具来管理服务，则管理服务配置文件在/etc/init/docker.conf。

另外，对于CentOS、Redhat等系统，服务可能是通过systemd来管理，与此略有不同，可以查阅systemd相关手册。

例如，需要通过systemctl命令来管理Docker服务：

---

```
$ sudo systemctl start docker.service
```

---

此外，如果服务工作不正常，可以通过查看Docker服务的日志信息

来确定问题，例如在Ubuntu系统上日志文件可能为/var/log/upstart/docker.log:

---

```
$ sudo tail /var/log/upstart/docker.log
```

---

每次重启Docker服务后，可以通过查看Docker版本信息，确保服务已经正常运行:

---

```
$ docker version
Client:
 Version:      1.12.0
 API version:  1.24
 Go version:   go1.6.3
 Git commit:   8eab29e
 Built:        Thu Jul 28 21:15:28 2016
 OS/Arch:      darwin/amd64
Server:
 Version:      1.12.0
 API version:  1.24
 Go version:   go1.6.3
 Git commit:   8eab29e
 Built:        Thu Jul 28 21:15:28 2016
 OS/Arch:      linux/amd64
```

---

## 2.4 推荐实践环境

从稳定性上考虑，本书推荐的实践环境的操作系统是Ubuntu 14.04.3 LTS系统，带有linux-image-3.16.0-71-generic内核。Docker版本为最新的1.12稳定版本。不同版本的API会略有差异，推荐根据需求选择较新的稳定版本。另外，如无特殊说明，默认数据网段地址范围为10.0.0.0/24，管理网段地址范围为192.168.0.0/24。

执行命令代码中以\$开头的，表示为普通用户；以#开头的，表示为特权用户（root）。如果用户已经添加到了docker用户组（参考上一小节），大部分时候都无需管理员权限，否则需要在命令前使用sudo来临时提升权限。

部分命令执行结果输出内容较长的，只给出了输出的关键部分。读者可根据自己的实际情况，搭建类似的环境。



## 2.5 本章小结

本章介绍了Docker的三大核心概念：镜像、容器和仓库。在后面的实践中，读者会感受到，基于三大核心概念所构建的高效工作流程，正是Docker从众多容器虚拟化方案中脱颖而出的重要原因。实际上，Docker的工作流也并非凭空创造的，很大程度上参考了Git和Github的设计理念，从而为应用分发和团队合作都带来了众多优势。

在后续章节，笔者将具体讲解围绕这三大核心概念的Docker操作命令。

## 第3章 使用Docker镜像

镜像（image）是Docker三大核心概念中最为重要的，自Docker诞生之日起“镜像”就是相关社区最为热门的关键词。

Docker运行容器前需要本地存在对应的镜像，如果镜像没保存在本地，Docker会尝试先从默认镜像仓库下载（默认使用Docker Hub公共注册服务器中的仓库），用户也可以通过配置，使用自定义的镜像仓库。

本章将介绍围绕镜像这一核心概念的具体操作，包括如何使用pull命令从Docker Hub仓库中下载镜像到本地，如何查看本地已有的镜像信息和管理镜像标签，如何在远端仓库使用search命令进行搜索和过滤，如何删除镜像标签和镜像文件，如何创建用户定制的镜像并且保存为外部文件。最后，还介绍如何往Docker Hub仓库中推送自己的镜像。



提示

一份非官方研究报告表明，image一直是Docker官方社区（2014~2016年）和StackOverFlow Docker板块（2013~2016年）的年度热词。

## 3.1 获取镜像

镜像是运行容器的前提，官方的Docker Hub网站已经提供了数十万个镜像供大家开放下载。

可以使用`docker pull`命令直接从Docker Hub镜像源来下载镜像。该命令的格式为`docker pull NAME[: TAG]`。其中，NAME是镜像仓库的名称（用来区分镜像），TAG是镜像的标签（往往用来表示版本信息）。通常情况下，描述一个镜像需要包括“名称+标签”信息。

例如，获取一个Ubuntu 14.04系统的基础镜像可以使用如下的命令：

---

```
14.04: Pulling from library/ubuntu
6c953ac5d795: Pull complete
3eed5ff20a90: Pull complete
f8419ea7c1b5: Pull complete
51900bc9e720: Pull complete
a3ed95caeb02: Pull complete
Digest: sha256:97421885f3da3b23f52eeddcaa9f8f91172a8ac3cd5d3cd40b51c7aad09f66cc
Status: Downloaded newer image for ubuntu:14.04
```

---

对于Docker镜像来说，如果不显式指定TAG，则默认会选择latest标签，这会下载仓库中最新版本的镜像。

下面的例子将从Docker Hub的Ubuntu仓库下载一个最新的Ubuntu操作系统的镜像。

---

```
$ docker pull ubuntu
Using default tag: latest
latest: Pulling from library/ubuntu
5ba4f30e5bea: Pull complete
9d7d19c9dc56: Pull complete
ac6ad7efd0f9: Pull complete
e7491a747824: Pull complete
a3ed95caeb02: Pull complete
Digest: sha256:46fb5d001b88ad904c5c732b086b596b92cfb4a4840a3abd0e35dbb6870585e4
Status: Downloaded newer image for ubuntu:latest
```

---

该命令实际上下载的就是ubuntu: latest镜像。



注意

一般来说，镜像的latest标签意味着该镜像的内容会跟踪最新的非稳定版本而发布，内容是不稳定的。当前Ubuntu最新的发行版本为16.04，latest镜像实际上就是16.04镜像，用户可以下载ubuntu: 16.04镜像并查看，两者的数字摘要值是一致的。从稳定性上考虑，不要在生产环境中忽略镜像的标签信息或使用默认的latest标记的镜像。

下载过程中可以看出，镜像文件一般由若干层（layer）组成，6c953ac5d795这样的串是层的唯一id（实际上完整的id包括256比特，由64个十六进制字符组成）。使用docker pull命令下载时会获取并输出镜像的各层信息。当不同的镜像包括相同的层时，本地仅存储层的一份内容，减小了需要的存储空间。

读者可能会想到，在使用不同的镜像仓库服务器的情况下，可能会出现镜像重名的情况。

严格地讲，镜像的仓库名称中还应该添加仓库地址（即registry，注册服务器）作为前缀，只是我们默认使用的是Docker Hub服务，该前缀可以忽略。

例如，docker pull ubuntu: 14.04命令相当于docker pull registry.hub.docker.com/ubuntu: 14.04命令，即从默认的注册服务器Docker Hub Registry中的ubuntu仓库来下载标记为14.04的镜像。

如果从非官方的仓库下载，则需要在仓库名称前指定完整的仓库地址。例如从网易蜂巢的镜像源来下载ubuntu: 14.04镜像，可以使用如下命令，此时下载的镜像名称为hub.c.163.com/public/ubuntu: 14.04:

---

```
$ docker pull hub.c.163.com/public/ubuntu:14.04
```

---

pull子命令支持的选项主要包括：

-a, --all-tags=true|false: 是否获取仓库中的所有镜像，默认为否。

下载镜像到本地后，即可随时使用该镜像了，例如利用该镜像创建一个容器，在其中运行bash应用，执行ping localhost命令：

---

```
$ docker run -it ubuntu:14.04 bash
root@9c74026df12a:/# ping localhost
PING localhost (127.0.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=1 ttl=64 time=0.058 ms
```

---

```
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=2 ttl=64 time=0.023 ms
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=3 ttl=64 time=0.018 ms
^C
--- localhost ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 1999ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.018/0.033/0.058/0.017 ms
root@9c74026df12a:/# exit
exit
```

---

## 3.2 查看镜像信息

### 1.使用images命令列出镜像

使用docker images命令可以列出本地主机上已有镜像的基本信息。

例如，下面的命令列出了上一小节中下载的镜像信息：

---

```
$ docker images
```

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	SIZE
ubuntu	16.04	2fa927b5cdd3	2 weeks ago	122 MB
ubuntu	latest	2fa927b5cdd3	2 weeks ago	122 MB
ubuntu	14.04	8f1bd21bd25c	2 weeks ago	188 MB

---

在列出的信息中，可以看到以下几个字段信息。

- 来自于哪个仓库，比如ubuntu仓库用来保存ubuntu系列的基础镜像；
- 镜像的标签信息，比如14.04、latest用来标注不同的版本信息。标签只是标记，并不能标识镜像内容；
- 镜像的ID（唯一标识镜像），如ubuntu: latest和ubuntu: 16.04镜像的ID都是2fa927b5cdd3，说明它们目前实际上指向同一个镜像；
- 创建时间，说明镜像最后的更新时间；
- 镜像大小，优秀的镜像往往体积都较小。

其中镜像的ID信息十分重要，它唯一标识了镜像。在使用镜像ID的时候，一般可以使用该ID的前若干个字符组成的可区分串来替代完整的ID。

TAG信息用来标记来自同一个仓库的不同镜像。例如ubuntu仓库中有多个镜像，通过TAG信息来区分发行版本，包括10.04、12.04、12.10、13.04、14.04、16.04等标签。

镜像大小信息只是表示该镜像的逻辑体积大小，实际上由于相同的镜像层本地只会存储一份，物理上占用的存储空间会小于各镜像的逻辑

体积之和。

·images子命令主要支持如下选项，用户可以自行进行尝试。

·-a, --all=true|false: 列出所有的镜像文件（包括临时文件），默认为否；

·--digests=true|false: 列出镜像的数字摘要值，默认为否；

·-f, --filter=[]: 过滤列出的镜像，如dangling=true只显示没有被使用的镜像；也可指定带有特定标注的镜像等；

·--format="TEMPLATE": 控制输出格式，如.ID代表ID信息，.Repository代表仓库信息等；

·--no-trunc=true|false: 对输出结果中太长的部分是否进行截断，如镜像的ID信息，默认为否；

·-q, --quiet=true|false: 仅输出ID信息，默认为否。

其中，对输出结果进行控制的选项如-f, --filter=[]、--no-trunc=true|false、-q, --quiet=true|false等，大部分子命令都支持。

更多子命令选项还可以通过man docker-images来查看。

## 2.使用tag命令添加镜像标签

为了方便在后续工作中使用特定镜像，还可以使用docker tag命令来为本地镜像任意添加新的标签。例如添加一个新的myubuntu: latest镜像标签：

---

```
$ docker tag ubuntu:latest myubuntu:latest
```

---

再次使用docker images列出本地主机上镜像信息，可以看到多了一个拥有myubuntu: latest标签的镜像：

---

```
$ docker images
REPOSITORY    TAG       IMAGE ID       CREATED        SIZE
ubuntu        16.04    2fa927b5cdd3   2 weeks ago   122 MB
ubuntu        latest    2fa927b5cdd3   2 weeks ago   122 MB
myubuntu       latest    2fa927b5cdd3   2 weeks ago   122 MB
```

---

之后，用户就可以直接使用`myubuntu: latest`来表示这个镜像了。

细心的读者可能注意到，这些`myubuntu: latest`镜像的ID跟`ubuntu: latest`完全一致。它们实际上指向同一个镜像文件，只是别名不同而已。`docker tag`命令添加的标签实际上起到了类似链接的作用。

### 3.使用inspect命令查看详细信息

使用`docker inspect`命令可以获取该镜像的详细信息，包括制作者、适应架构、各层的数字摘要等：

```
$ docker inspect ubuntu:14.04
[
  {
    "Id": "sha256:8f1bd21bd25c3fb1d4b00b7936a73a0664f932e11406c48a0ef19d82fd0b7342",
    "RepoTags": [
      "ubuntu:14.04"
    ],
    "RepoDigests": [],
    "Parent": "",
    "Comment": "",
    "Created": "2016-05-27T14:13:04.103044105Z",
    "Container": "eb8c67a3bff6e93658d18ac14b3a2134488c140a1ae1205c0cfd49f087113f",
    "ContainerConfig": {
      "Hostname": "fff5562e8198",
      "Domainname": "",
      "User": "",
      "AttachStdin": false,
      "AttachStdout": false,
      "AttachStderr": false,
      "Tty": false,
      "OpenStdin": false,
      "StdinOnce": false,
      "Env": [],
      "Cmd": [
        "/bin/sh",
        "-c",
        "#(nop) CMD [\"/bin/bash\"]"
      ],
      "Image": "f9cdf71c33f14c7af4b75b651624e9ac69711630e21ceb289f69e0300e90c57d",
      "Volumes": null,
      "WorkingDir": "",
      "Entrypoint": null,
      "OnBuild": null,
      "Labels": {}
    },
    "DockerVersion": "1.9.1",
    "Author": "",
    "Config": {
      "Hostname": "fff5562e8198",
      "Domainname": "",
      "User": "",
      "AttachStdin": false,
      "AttachStdout": false,
      "AttachStderr": false,
      "Tty": false,
      "OpenStdin": false,
      "StdinOnce": false,
      "Env": [],
      "Cmd": [
        "/bin/bash"
      ],
      "Image": "f9cdf71c33f14c7af4b75b651624e9ac69711630e21ceb289f69e0300e90c57d",
      "Volumes": null,
      "WorkingDir": "",
      "Entrypoint": null,
      "OnBuild": null,
      "Labels": {}
    },
    "Architecture": "amd64",
    "Os": "linux",
    "Size": 187957543,
    "VirtualSize": 187957543,
  }
]
```



```

    "GraphDriver": {
      "Name": "aufs",
      "Data": null
    },
    "RootFS": {
      "Type": "layers",
      "Layers": [
        "sha256:a7e1c363defb1f80633f3688e945754fc4c8f1543f07114befb5e0175d569f4c",
        "sha256:dc109d4b4ccf69361d29292fb15e52707507b520aba8cd43a564182f26725d74",
        "sha256:9f7ab087e6e6574225f863b6013579a76bd0c80c92fefe7aea92c4207b6486cb",
        "sha256:6f8be37bd578bbabe570b0181602971b0ea3509b79a1a3dd5528a4e3fc33dd6f",
        "sha256:5f70bf18a086007016e948b04aed3b82103a36bea41755b6cddfaf10ace3c6ef"
      ]
    }
  }
}
]

```

---

返回的是一个JSON格式的消息，如果我们只要其中一项内容时，可以使用参数-f来指定，例如，获取镜像的Architecture：

---

```

$ docker inspect -f {{".Architecture"}}
amd64

```

---

## 4.使用history命令查看镜像历史

既然镜像文件由多个层组成，那么怎么知道各个层的内容具体是什么呢？这时候可以使用history子命令，该命令将列出各层的创建信息。

例如，查看ubuntu: 14.04镜像的创建过程，可以使用如下命令：

---

```

$ docker history ubuntu:14.04
IMAGE          CREATED          CREATED BY                                      SIZE  COMMENT
8f1bd21bd25c  2 weeks ago     /bin/sh -c #(nop) CMD ["/bin/bash"]          0 B
<missing>      2 weeks ago     /bin/sh -c sed -i 's/^#\s*(deb.*universe\)/$/ 1.895 kB
<missing>      2 weeks ago     /bin/sh -c rm -rf /var/lib/apt/lists/*         0 B
<missing>      2 weeks ago     /bin/sh -c set -xe && echo '#!/bin/sh' > /u    194.5 kB
<missing>      2 weeks ago     /bin/sh -c #(nop) ADD file:aca501360d0937bc49 187.8 MB

```

---

注意过长的命令被自动截断了，可以使用前面提到的--no-trunc选项来输出完整命令。

## 3.3 搜寻镜像

使用`docker search`命令可以搜索远端仓库中共享的镜像，默认搜索官方仓库中的镜像。用法为`docker search TERM`，支持的参数主要包括：

·`--automated=true|false`：仅显示自动创建的镜像，默认为否；

·`--no-trunc=true|false`：输出信息不截断显示，默认为否；

·`-s`，`--stars=X`：指定仅显示评价为指定星级以上的镜像，默认为0，即输出所有镜像。

例如，搜索所有自动创建的评价为1+的带`nginx`关键字的镜像，如下所示：

---

```
$ docker search --automated -s 3 nginx
NAME                DESCRIPTION                STARS    OFFICIAL    AUTOMATED
jwilder/nginx-proxy Automated Nginx reverse proxy for docker c... 670      [OK]
richarvey/nginx-php-fpm Container running Nginx + PHP-FPM capable ... 206      [OK]
million12/nginx-php Nginx + PHP-FPM 5.5, 5.6, 7.0 (NG), CentOS... 67       [OK]
maxexcloo/nginx-php Docker framework container with Nginx and ... 57       [OK]
webdevops/php-nginx Nginx with PHP-FPM        38       [OK]
h3nr1k/nginx-ldap  NGINX web server with LDAP/AD, SSL and pro... 27       [OK]
bitnami/nginx       Bitnami nginx Docker Image 18       [OK]
maxexcloo/nginx     Docker framework container with Nginx inst... 7        [OK]
million12/nginx     Nginx: extensible, nicely tuned for better... 4        [OK]
webdevops/nginx     Nginx container           3        [OK]
ixbox/nginx         Nginx on Alpine Linux.    3        [OK]
evild/alpine-nginx  Minimalistic Docker image with Nginx        3        [OK]
```

---

可以看到返回了很多包含关键字的镜像，其中包括镜像名字、描述、星级（表示该镜像的受欢迎程度）、是否官方创建、是否自动创建等。

默认的输出结果将按照星级评价进行排序。

## 3.4 删除镜像

### 1.使用标签删除镜像

使用docker rmi命令可以删除镜像，命令格式为docker rmi IMAGE[IMAGE...], 其中IMAGE可以为标签或ID。

例如，要删除掉myubuntu: latest镜像，可以使用如下命令：

```
$ docker rmi myubuntu:latest
Untagged: myubuntu:latest
```

读者可能会担心，本地的ubuntu: latest镜像是否会受此命令的影响。无需担心，当同一个镜像拥有多个标签的时候，docker rmi命令只是删除该镜像多个标签中的指定标签而已，并不影响镜像文件。因此上述操作相当于只是删除了镜像2fa927b5cdd3的一个标签而已。

为保险起见，再次查看本地的镜像，发现ubuntu: latest镜像（准确地说是2fa927b5cdd3镜像）仍然存在：

```
$ docker images
REPOSITORY    TAG       IMAGE ID       CREATED        SIZE
ubuntu        16.04    2fa927b5cdd3   2 weeks ago    122 MB
ubuntu        latest    2fa927b5cdd3   2 weeks ago    122 MB
ubuntu        14.04    8f1bd21bd25c   2 weeks ago    188 MB
```

但当镜像只剩下一个标签的时候就要小心了，此时再使用docker rmi命令会彻底删除镜像。

例如删除标签为ubuntu: 14.04的镜像，由于该镜像没有额外的标签指向它，执行docker rmi命令，可以看出它会删除这个镜像文件的所有层：

```
$ docker rmi ubuntu:14.04
Untagged: ubuntu:14.04
Deleted: sha256:8f1bd21bd25c3fb1d4b00b7936a73a0664f932e11406c48a0ef19d82fd0b7342
Deleted: sha256:8ea3b9ba4dd9d448d1ca3ca7afa8989d033532c11050f5e129d267be8de9c1b4
Deleted: sha256:7db5fb90eb6ff6b5418f76dde5f685601fad200a8f4698432ebf8ba80757576
Deleted: sha256:19a7e879151723856fb640449481c65c55fc9e186405dd74ae6919f88eccce75
Deleted: sha256:c357a3f74f16f61c2cc78dbb0ae1ff8c8f4fa79be9388db38a87c7d8010b2fe4
Deleted: sha256:a7e1c363defb1f80633f3688e945754fc4c8f1543f07114befb5e0175d569f4c
```

### 2.使用镜像ID删除镜像

当使用`docker rmi`命令，并且后面跟上镜像的ID（也可以是能进行区分的部分ID串前缀）时，会先尝试删除所有指向该镜像的标签，然后删除该镜像文件本身。

注意，当有该镜像创建的容器存在时，镜像文件默认是无法被删除的，例如，先利用`ubuntu: 14.04`镜像创建一个简单的容器来输出一段话：

---

```
$ docker run ubuntu:14.04 echo 'hello! I am here!'
hello! I am here!
```

---

使用`docker ps-a`命令可以看到本机上存在的所有容器：

可以看到，后台存在一个退出状态的容器，是刚基于`ubuntu: 14.04`镜像创建的。

---

```
$ docker ps -a
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED   STATUS    PORTS   NAMES
a21c0840213e   ubuntu:14.04   "echo 'hello! I am he"   About a minute ago   Exited (0) About a minute ago   romantic_euler
```

---

试图删除该镜像，`Docker`会提示有容器正在运行，无法删除：

---

```
$ docker rmi ubuntu:14.04
Error response from daemon: conflict: unable to remove repository reference "ubuntu:14.04" (must force) - container a21c0840213e is using its referenced image 8f1bd21bd25c
```

---

如果要想强行删除镜像，可以使用`-f`参数。

---

```
$ docker rmi -f ubuntu:14.04
Untagged: ubuntu:14.04
Deleted: sha256:8f1bd21bd25c3fb1d4b00b7936a73a0664f932e11406c48a0ef19d82fd0b7342
```

---

注意，通常并不推荐使用`-f`参数来强制删除一个存在容器依赖的镜像。正确的做法是，先删除依赖该镜像的所有容器，再来删除镜像。首先删除容器`a21c0840213e`：

---

```
$ docker rm a21c0840213e
```

---

再使用ID来删除镜像，此时会正常打印出删除的各层信息：

---

---

Untagged: ubuntu:14.04  
Deleted: sha256:8f1bd21bd25c3fb1d4b00b7936a73a0664f932e11406c48a0ef19d82fd0b7342  
Deleted: sha256:8ea3b9ba4dd9d448d1ca3ca7afa8989d033532c11050f5e129d267be8de9c1b4  
Deleted: sha256:7db5fb90eb6ffb6b5418f76dde5f685601fad200a8f4698432ebf8ba80757576  
Deleted: sha256:19a7e879151723856fb640449481c65c55fc9e186405dd74ae6919f88eccc75  
Deleted: sha256:c357a3f74f16f61c2cc78dbb0ae1ff8c8f4fa79be9388db38a87c7d8010b2fe4  
Deleted: sha256:a7e1c363defb1f80633f3688e945754fc4c8f1543f07114befb5e0175d569f4c

---

## 3.5 创建镜像

创建镜像的方法主要有三种：基于已有镜像的容器创建、基于本地模板导入、基于Dockerfile创建。

本节将重点介绍前两种方法。最后一种基于Dockerfile创建的方法将在后续章节专门予以详细介绍。

### 1. 基于已有镜像的容器创建

该方法主要是使用docker `commit`命令。命令格式为`docker commit [OPTIONS] CONTAINER [REPOSITORY[: TAG]]`，主要选项包括：

`--a, --author=""`：作者信息；

`--c, --change=[]`：提交的时候执行Dockerfile指令，包括CMD|ENTRYPOINT|ENV|EXPOSE|LABEL|ONBUILD|USER|VOLUME|WORKDIR等；

`--m, --message=""`：提交消息；

`--p, --pause=true`：提交时暂停容器运行。

下面将演示如何使用该命令创建一个新镜像。首先，启动一个镜像，并在其中进行修改操作，例如创建一个test文件，之后退出：

---

```
$ docker run -it ubuntu:14.04 /bin/bash
root@a925cb40b3f0:/# touch test
root@a925cb40b3f0:/# exit
```

---

记住容器的ID为a925cb40b3f0。

此时该容器跟原ubuntu: 14.04镜像相比，已经发生了改变，可以使用docker commit命令来提交为一个新的镜像。提交时可以使用ID或名称来指定容器：

---

```
$ docker commit -m "Added a new file" -a "Docker Newbee" a925cb40b3f0 test:0.1
9e9c814023bcffc3e67e892a235afe61b02f66a947d2747f724bd317dda02f27
```

---

---

顺利的话，会返回新创建的镜像的ID信息，例如  
9e9c814023bcffc3e67e892a235afe61b02f66a947d2747f724bd317dda02f27。

此时查看本地镜像列表，会发现新创建的镜像已经存在了：

---

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	VIRTUAL SIZE
test	0.1	9e9c814023bc	4 seconds ago	188 MB

---

## 2.基于本地模板导入

用户也可以直接从一个操作系统模板文件导入一个镜像，主要使用 `docker import` 命令。命令格式为 `docker import[OPTIONS]file|URL|-[REPOSITORY[:TAG]]`。

要直接导入一个镜像，可以使用OpenVZ提供的模板来创建，或者用其他已导出的镜像模板来创建。OPENVZ模板的下载地址为<http://openvz.org/Download/templates/precreated>。

例如，下载了ubuntu-14.04的模板压缩包，之后使用以下命令导入：

---

```
$ cat ubuntu-14.04-x86_64-minimal.tar.gz | docker import - ubuntu:14.04
```

---

然后查看新导入的镜像，会发现它已经在本地存在了：

---

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	VIRTUAL SIZE
ubuntu	14.04	05ac7c0b9383	17 seconds ago	215.5 MB

---

## 3.6 存出和载入镜像

用户可以使用`docker save`和`docker load`命令来存出和载入镜像。

### 1. 存出镜像

如果要导出镜像到本地文件，可以使用`docker save`命令。例如，导出本地的`ubuntu: 14.04`镜像为文件`ubuntu_14.04.tar`，如下所示：

---

```
$ docker images
REPOSITORY    TAG       IMAGE ID       CREATED        VIRTUAL SIZE
ubuntu        14.04     8f1bd21bd25c   2 weeks ago   188 MB
...
$ docker save -o ubuntu_14.04.tar ubuntu:14.04
```

---

之后，用户就可以通过复制`ubuntu_14.04.tar`文件将该镜像分享给他人。

### 2. 载入镜像

可以使用`docker load`将导出的tar文件再导入到本地镜像库，例如从文件`ubuntu_14.04.tar`导入镜像到本地镜像列表，如下所示：

---

```
$ docker load --input ubuntu_14.04.tar
```

---

或：

---

```
$ docker load < ubuntu_14.04.tar
```

---

这将导入镜像及其相关的元数据信息（包括标签等）。导入成功后，可以使用`docker images`命令进行查看。



## 3.7 上传镜像

可以使用`docker push`命令上传镜像到仓库，默认上传到Docker Hub官方仓库（需要登录）。命令格式为：

---

```
docker push NAME[:TAG] | [REGISTRY_HOST[:REGISTRY_PORT]/]NAME[:TAG]
```

---

用户在Docker Hub网站注册后可以上传自制的镜像。例如用户`user`上传本地的`test: latest`镜像，可以先添加新的标签`user/test: latest`，然后用`docker push`命令上传镜像：

---

```
$ docker tag test:latest user/test:latest
$ docker push user/test:latest
The push refers to a repository [docker.io/user/test]
Sending image list
Please login prior to push:
Username:
Password:
Email:
```

---

第一次上传时，会提示输入登录信息或进行注册。

## 3.8 本章小结

本章具体介绍了围绕Docker镜像的一系列重要命令操作，包括获取、查看、搜索、删除、创建、存出和载入、上传等。

镜像是使用Docker的前提，也是最基本的资源。所以，在平时的Docker使用中，要注意积累自己定制的镜像文件，并将自己创建的高质量镜像分享到社区中。

在后续章节，笔者将介绍更多对镜像进行操作的场景。

## 第4章 操作Docker容器

容器是Docker的另一个核心概念。简单来说，容器是镜像的一个运行实例。所不同的是，镜像是静态的只读文件，而容器带有运行时需要的可写文件层。如果认为虚拟机是模拟运行的一整套操作系统（包括内核、应用运行态环境和其他系统环境）和跑在上面的应用，那么Docker容器就是独立运行的一个（或一组）应用，以及它们必需的运行环境。

本章将具体介绍围绕容器的重要操作，包括创建一个容器、启动容器、终止一个容器、进入容器内执行操作、删除容器和通过导入导出容器来实现容器迁移等。

# 4.1 创建容器

从现在开始，忘掉“臃肿”的虚拟机吧。对容器进行操作就跟直接操作应用一样简单、快速。Docker容器实在太轻量级了，用户可以随时创建或删除容器。

## 1.新建容器

可以使用docker create命令新建一个容器，例如：

```
$ docker create -it ubuntu:latest
af8f4f922dafee22c8fe6cd2ae11d16e25087d61f1b1fa55b36e94db7ef45178
$ docker ps -a
CONTAINER ID IMAGE COMMAND CREATED STATUS PORTS NAMES
af8f4f922daf ubuntu:latest "/bin/bash" 17 seconds ago Created silly_euler
```

使用docker create命令新建的容器处于停止状态，可以使用docker start命令来启动它。

Create命令和后续的run命令支持的选项都十分复杂，主要包括如下几大类：与容器运行模式相关、与容器和环境配置相关、与容器资源限制和安全保护相关，参见表4-1、表4-2、表4-3。

表4-1 create命令与容器运行模式相关的选项

选 项	说 明
-a, --attach=[]	是否绑定到标准输入、输出和错误
-d, --detach=true false	是否在后台运行容器，默认为否
--detach-keys=""	从 attach 模式退出的快捷键
--entrypoint=""	镜像存在入口命令时，覆盖为新的命令
--expose=[]	指定容器会暴露出来的端口或端口范围
--group-add=[]	运行容器的用户组
-i, --interactive=true false	保持标准输入打开，默认为 false
--ipc=""	容器 IPC 命名空间，可以为其他容器或主机
--isolation="default"	容器使用的隔离机制
--log-driver="json-file"	指定容器的日志驱动类型，可以为 json-file、syslog、journald、gelf、fluentd、awslogs、splunk、etwlogs、gcplogs 或 none
--log-opt=[]	传递给日志驱动的选项
--net="bridge"	指定容器网络模式，包括 bridge、none、其他容器内网络、host 的网络或某个现有网络等
--net-alias=[]	容器在网络中的别名
-P, --publish-all=true false	通过 NAT 机制将容器标记暴露的端口自动映射到本地主机的临时端口
-p, --publish=[]	指定如何映射到本地主机端口，例如 -p 11234-12234:1234-2234
--pid=host	容器的 PID 命名空间
--userns=""	启用 userns-remap 时配置用户命名空间的模式
--uts=host	容器的 UTS 命名空间
--restart="no"	容器的重启策略，包括 no、on-failure[:max-retry]、always、unless-stopped 等
--rm=true false	容器退出后是否自动删除，不能跟 -d 同时使用
-t, --tty=true false	是否分配一个伪终端，默认为 false
--tmpfs=[]	挂载临时文件系统到容器
-v --volume=[[:HOST-DIR:]CONTAINER-DIR[:OPTIONS]]	挂载主机上的文件卷到容器内
--volume-driver=""	挂载文件卷的驱动类型
--volumes-from=[]	从其他容器挂载卷
-w, --workdir=""	容器内的默认工作目录

表4-2 create命令与容器环境和配置相关的选项

选 项	说 明
--add-host=[]	在容器内添加一个主机名到 IP 地址的映射关系（通过 /etc/hosts 文件）
--device=[]	映射物理机上的设备到容器内
--dns-search=[]	DNS 搜索域

(续)

选 项	说 明
--dns-opt=[]	自定义的 DNS 选项
--dns=[]	自定义的 DNS 服务器
-e, --env=[]	指定容器内环境变量
--env-file=[]	从文件中读取环境变量到容器内
-h, --hostname=""	指定容器内的主机名
--ip=""	指定容器的 IPv4 地址
--ip6=""	指定容器的 IPv6 地址
--link=[<name or id>:alias]	链接到其他容器
--mac-address=""	指定容器的 Mac 地址
--name=""	指定容器的别名

表4-3 create命令与容器资源限制和安全保护相关的选项

选 项	说 明
--blkio-weight=10~1000	容器读写块设备的 I/O 性能权重，默认为 0
--blkio-weight-device=[ [DEVICE_NAME:WEIGHT]	指定各个块设备的 I/O 性能权重
--cpu-shares=0	允许容器使用 CPU 资源的相对权重，默认一个容器能用满一个核的 CPU
--cap-add=[]	增加容器的 Linux 指定安全能力
--cap-drop=[]	移除容器的 Linux 指定安全能力
--cgroup-parent=""	容器 cgroups 限制的创建路径
--cidfile=""	指定容器的进程 ID 号写到文件
--cpu-period=0	限制容器在 CFS 调度器下的 CPU 占用时间片
--cpuset-cpus=""	限制容器能使用哪些 CPU 核心
--cpuset-mems=""	NUMA 架构下使用哪些核心的内存
--cpu-quota=0	限制容器在 CFS 调度器下的 CPU 配额
--device-read-bps=[]	挂载设备的读吞吐率（以 bps 为单位）限制
--device-write-bps=[]	挂载设备的写吞吐率（以 bps 为单位）限制
--device-read-iops=[]	挂载设备的读速率（以每秒 i/o 次数为单位）限制
--device-write-iops=[]	挂载设备的写速率（以每秒 i/o 次数为单位）限制
--kernel-memory=""	限制容器使用内核的内存大小，单位可以是 b、k、m 或 g
-m, --memory=""	限制容器内应用使用的内存，单位可以是 b、k、m 或 g
--memory-reservation=""	当系统中内存过低时，容器会被强制限制内存到给定值，默认情况下等于内存限制值
--memory-swap="LIMIT"	限制容器使用内存和交换区的总大小
--oom-kill-disable=true false	内存耗尽（Out-Of-Memory）时是否杀死容器
--oom-score-adj=""	调整容器的内存耗尽参数
--pids-limit=""	限制容器的 pid 个数
--privileged=true false	是否给容器以高权限，这意味着容器内应用将不受权限下限制，一般不推荐

(续)

选 项	说 明
--read-only=true false	是否让容器内的文件系统只读
--security-opt=[]	指定一些安全参数，包括权限、安全能力、apparmor 等
--stop-signal=SIGTERM	指定停止容器的系统信号
--shm-size=""	/dev/shm 的大小
--sig-proxy=true false	是否代理收到的信号给应用，默认为 true，不能代理 SIGCHLD、SIGSTOP 和 SIGKILL 信号
--memory-swappiness="0~100"	调整容器的内存交换区参数
-u, --user=""	指定在容器内执行命令的用户信息
--ulimit=[]	通过 ulimit 来限制最大文件数、最大进程数等

其他比较重要的选项还包括：

- l, --label=[]: 以键值对方式指定容器的标签信息；
- label-file=[]: 从文件中读取标签信息。

## 2.启动容器

使用docker start命令来启动一个已经创建的容器，例如启动刚创建的ubuntu容器：

```
$ docker start af
af
```

此时，通过docker ps命令可以查看一个运行中的容器：

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS   NAMES
af8f4f922daf   ubuntu:latest "/bin/bash"          2 minutes ago Up 7 seconds   silly_euler
```



### 3.新建并启动容器

除了创建容器后通过start命令来启动，也可以直接新建并启动容器。所需要的命令主要为docker run，等价于先执行docker create命令，再执行docker start命令。

例如，下面的命令输出一个“Hello World”，之后容器自动终止：

---

```
$ docker run ubuntu /bin/echo 'Hello world'
Hello world
```

---

这跟在本地直接执行/bin/echo'hello world'几乎感觉不出任何区别。

当利用docker run来创建并启动容器时，Docker在后台运行的标准操作包括：

- 检查本地是否存在指定的镜像，不存在就从公有仓库下载；
- 利用镜像创建一个容器，并启动该容器；
- 分配一个文件系统给容器，并在只读的镜像层外面挂载一层可读写层；
- 从宿主主机配置的网桥接口中桥接一个虚拟接口到容器中；
- 从网桥的地址池配置一个IP地址给容器；
- 执行用户指定的应用程序；
- 执行完毕后容器被自动终止。

下面的命令启动一个bash终端，允许用户进行交互：

---

```
$ docker run -it ubuntu:14.04 /bin/bash
root@af8bae53bdd3:/#
```

---

其中，-t选项让Docker分配一个伪终端（pseudo-tty）并绑定到容器的标准输入上，-i则让容器的标准输入保持打开。更多的命令选项可以通过man docker-run命令来查看。

在交互模式下，用户可以通过所创建的终端来输入命令，例如：

---

```
root@af8bae53bdd3:/# pwd
/
root@af8bae53bdd3:/# ls
bin boot dev etc home lib lib64 media mnt opt proc root run sbin srv sys tmp usr var
root@af8bae53bdd3:/# ps
  PID TTY          TIME CMD
    1 ?            00:00:00 bash
   11 ?            00:00:00 ps
```

---

在容器内用`ps`命令查看进程，可以看到，只运行了`bash`应用，并没有运行其他无关的进程。

用户可以按`Ctrl+d`或输入`exit`命令来退出容器：

---

```
root@af8bae53bdd3:/# exit
exit
```

---

对于所创建的`bash`容器，当使用`exit`命令退出之后，容器就自动处于退出（`Exited`）状态了。这是因为对`Docker`容器来说，当运行的应用退出后，容器也就没有继续运行的必要了。

某些时候，执行`docker run`会出错，因为命令无法正常执行容器会直接退出，此时可以查看退出的错误代码。

默认情况下，常见错误代码包括：

- 125: `Docker daemon`执行出错，例如指定了不支持的`Docker`命令参数；
- 126: 所指定命令无法执行，例如权限出错；
- 127: 容器内命令无法找到。

命令执行后出错，会默认返回错误码。

## 4.守护态运行

更多的时候，需要让`Docker`容器在后台以守护态（`Daemonized`）形式运行。此时，可以通过添加`-d`参数来实现。

例如下面的命令会在后台运行容器：

---

```
$ docker run -d ubuntu /bin/sh -c "while true; do echo hello world; sleep 1; done"
ce554267d7a4c34eefc92c5517051dc37b918b588736d0823e4c846596b04d83
```

---

容器启动后会返回一个唯一的id，也可以通过docker ps命令来查看容器信息：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE          COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS   NAMES
ce554267d7a4   ubuntu:latest  "/bin/sh -c 'while t    About a minute ago   Up About
a minute      determined_pik
```

---

此时，要获取容器的输出信息，可以如下使用docker logs命令：

---

```
$ docker logs ce5
hello world
hello world
hello world
. . .
```

---

## 4.2 终止容器

可以使用`docker stop`来终止一个运行中的容器。该命令的格式为`docker stop [-t|--time[=10]][CONTAINER...]`。

首先向容器发送SIGTERM信号，等待一段超时时间（默认为10秒）后，再发送SIGKILL信号来终止容器：

---

```
$ docker stop ce5
ce5
```

---



注意

`docker kill`命令会直接发送SIGKILL信号来强行终止容器。

此外，当Docker容器中指定的应用终结时，容器也会自动终止。例如对于上一节中只启动了一个终端的容器，用户通过`exit`命令或`Ctrl+d`来退出终端时，所创建的容器立刻终止，处于`stopped`状态。

可以用`docker ps -qa`命令看到所有容器的ID。例如：

---

```
$ docker ps -qa
ce554267d7a4
d58050081fe3
e812617b41f6
```

---

处于终止状态的容器，可以通过`docker start`命令来重新启动：

---

```
$ docker start ce5
ce5
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED    STATUS    PORTS          NAMES
ce554267d7a4   ubuntu:latest  "/bin/sh -c 'while t    4 minutes ago  Up 5 seconds
determined_pike
```

---

此外，`docker restart`命令会将一个运行态的容器先终止，然后再重新启动它：

---

```
$ docker restart ce5
ce5
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE          COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS   NAMES
ce554267d7a4   ubuntu:latest  "/bin/sh -c 'while t    5 minutes ago   Up 14 seconds
determined_pike
```

---

## 4.3 进入容器

在使用-d参数时，容器启动后会进入后台，用户无法看到容器中的信息，也无法进行操作。

这个时候如果需要进入容器进行操作，有多种方法，包括使用官方的attach或exec命令，以及第三方的nsenter工具等。下面分别介绍一下。

### 1.attach命令

attach是Docker自带的命令，命令格式为：

---

```
docker attach [--detach-keys=[]] [--no-stdin] [--sig-proxy=true] CONTAINER
```

---

支持三个主要选项：

·`---detach-keys=[]`：指定退出attach模式的快捷键序列，默认是CTRL-p CTRL-q；

·`---no-stdin=true|false`：是否关闭标准输入，默认是保持打开；

·`---sig-proxy=true|false`：是否代理收到的系统信号给应用进程，默认为true。

下面示例如何使用该命令：

---

```
$ docker run -itd ubuntu
243c32535da7d142fb0e6df616a3c3ada0b8ab417937c853a9e1c251f499f550
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED   STATUS    PORTS   NAMES
243c32535da7   ubuntu:latest  "/bin/bash"   18 seconds ago   Up 17 seconds
nostalgic_hypatia
$ docker attach nostalgic_hypatia
root@243c32535da7:/#
```

---

但是使用attach命令有时候并不方便。当多个窗口同时用attach命令连到同一个容器的时候，所有窗口都会同步显示。当某个窗口因命令阻塞时，其他窗口也无法执行操作了。

### 2.exec命令

Docker从1.3.0版本起提供了一个更加方便的exec命令，可以在容器内直接执行任意命令。该命令的基本格式为：

---

```
docker exec [-d|--detach] [--detach-keys=[]] [-i|--interactive] [--privileged]
[-t|--tty] [-u|--user=USER] CONTAINER COMMAND [ARG...]
```

---

比较重要的参数有：

- i, --interactive=true|false: 打开标准输入接受用户输入命令，默认为false;

- privileged=true|false: 是否给执行命令以高权限，默认为false;

- t, --tty=true|false: 分配伪终端，默认为false;

- u, --user="": 执行命令的用户名或ID。

例如进入到刚创建的容器中，并启动一个bash：

---

```
$ docker exec -it 243c32535da7 /bin/bash
root@243c32535da7:/#
```

---

可以看到，一个bash终端打开了，在不影响容器内其他应用的前提下，用户可以很容易与容器进行交互。



注意

通过指定-it参数来保持标准输入打开，并且分配一个伪终端。通过exec命令对容器执行操作是最为推荐的方式。

### 3.nsender工具

在util-linux软件包版本2.23+中包含nsenter工具。如果系统中的util-linux包没有该命令，可以按照下面的方法从源码安装：

---

```
$ cd /tmp; curl https://www.kernel.org/pub/linux/utils/util-linux/v2.24/util-  
linux-2.24.tar.gz | tar -zxf-; cd util-linux-2.24;  
$ ./configure --without-ncurses  
$ make nsenter && cp nsenter /usr/local/bin
```

为了使用nsenter连接到容器，还需要找到容器进程的PID，可以通过下面的命令获取：

```
PID=$(docker inspect --format "{{.State.Pid }}" <container>)
```

通过这个PID，就可以连接到这个容器：

```
$ nsenter --target $PID --mount --uts --ipc --net --pid
```

下面给出一个完整的例子，通过nsenter命令进入容器：

```
$ docker run -idt ubuntu  
243c32535da7d142fb0e6df616a3c3ada0b8ab417937c853a9e1c251f499f550  
$ docker ps  
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED   STATUS    PORTS   NAMES  
243c32535da7   ubuntu:latest  "/bin/bash"  18 seconds ago  Up 17 seconds  
nostalgic_hypatia  
$ PID=$(docker-pid 243c32535da7)  
10981  
$ nsenter --target 10981 --mount --uts --ipc --net --pid  
root@243c32535da7:/#
```

进一步可在容器中查看用户和进程信息：

```
root@ce554267d7a4:/# w  
11:07:36 up 3:14, 0 users, load average: 0.00, 0.02, 0.05  
USER      TTY      FROM          LOGIN@   IDLE   JCPU   PCPU   WHAT  
root@ce554267d7a4:/# ps -ef  
UID        PID  PPID  C  STIME TTY          TIME CMD  
root         1      0  0 10:56 ?        00:00:00 /bin/sh -c while true; do echo hello  
world; sleep 1; done  
root        699      0  0 11:07 ?        00:00:00 /bin/bash  
root        716      1  0 11:07 ?        00:00:00 sleep 1  
root        717     699  0 11:07 ?        00:00:00 ps -ef
```



## 4.4 删除容器

可以使用`docker rm`命令来删除处于终止或退出状态的容器，命令格式为`docker rm[-f|--force][-l|--link][-v|--volumes]CONTAINER[CONTAINER...]`。

主要支持的选项包括：

- `-f, --force=false`：是否强行终止并删除一个运行中的容器；
- `-l, --link=false`：删除容器的连接，但保留容器；
- `-v, --volumes=false`：删除容器挂载的数据卷。

例如，查看处于终止状态的容器，并删除：

---

```
$ docker ps -a
CONTAINER ID   IMAGE      COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS
NAMES
ce554267d7a4   ubuntu:latest  "/bin/sh -c 'while t    3 minutes ago Exited
(-1) 13 seconds ago    determined_pike
d58050081fe3   ubuntu:latest  "/bin/bash"             About an hour ago   Exited (0)
About an hour ago      berserk_brattain
e812617b41f6   ubuntu:latest  "echo 'hello! I am h    2 hours ago
Exited (0) 3 minutes ago
$ docker rm ce554267d7a4
ce554267d7a4
```

---

默认情况下，`docker rm`命令只能删除处于终止或退出状态的容器，并不能删除还处于运行状态的容器。

如果要直接删除一个运行中的容器，可以添加`-f`参数。Docker会先发送SIGKILL信号给容器，终止其中的应用，之后强行删除，如下所示：

---

```
$ docker run -d ubuntu:14.04 /bin/sh -c "while true; do echo hello world;
sleep 1; done"
2aed76caf8292c7da6d24c3c7f3a81a135af942ed1707a79f85955217d4dd594
$ docker rm 2ae
Error response from daemon: You cannot remove a running container. Stop the
container before attempting removal or use -f
2016/07/03 09:02:24 Error: failed to remove one or more containers
$ docker rm -f 2ae
2ae
```

---

## 4.5 导入和导出容器

某些时候，需要将容器从一个系统迁移到另外一个系统，此时可以使用Docker的导入和导出功能。这也是Docker自身提供的一个重要特性。

### 1. 导出容器

导出容器是指导出一个已经创建的容器到一个文件，不管此时这个容器是否处于运行状态，可以使用`docker export`命令，该命令的格式为`docker export[-o|--output[=""]]CONTAINER`。其中，可以通过`-o`选项来指定导出的tar文件名，也可以直接通过重定向来实现。

首先查看所有的容器，如下所示：

---

```
$ docker ps -a
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED    STATUS    PORTS    NAMES
ce554267d7a4   ubuntu:latest  "/bin/sh -c 'while t"    3 minutes ago
Exited (-1) 13 seconds ago    determined_pike
d58050081fe3   ubuntu:latest  "/bin/bash"             About an hour ago
Exited (0) About an hour ago    berserk_brattain
e812617b41f6   ubuntu:latest  "echo 'hello! I am h"    2 hours ago
Exited (0) 3 minutes ago    silly_leakey
```

---

分别导出ce554267d7a4容器和e812617b41f6容器到文件test\_for\_run.tar文件和test\_for\_stop.tar文件：

---

```
$ docker export -o test_for_run.tar ce5
$ ls
test_for_run.tar
$ docker export e81 >test_for_stop.tar
$ ls
test_for_run.tar test_for_stop.tar
```

---

之后，可将导出的tar文件传输到其他机器上，然后再通过导入命令导入到系统中，从而实现容器的迁移。

### 2. 导入容器

导出的文件又可以使用`docker import`命令导入变成镜像，该命令格式为：

---

```
docker import [-c|--change[=]] [-m|--message[=MESSAGE]] file|URL|-[REPOSITORY
[:TAG]]
```

---

---

用户可以通过-c, --change=[]选项在导入的同时执行对容器进行修改的Dockerfile指令（可参考第8章内容）。

下面将导出的test\_for\_run.tar文件导入到系统中：

---

```
$ docker import test_for_run.tar - test/ubuntu:v1.0
$ docker images
```

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	VIRTUAL SIZE
test/ubuntu	v1.0	9d37a6082e97	About a minute ago	171.3 MB

---

之前镜像章节中笔者曾介绍过使用docker load命令来导入一个镜像文件，与docker import命令十分类似。

实际上，既可以使用docker load命令来导入镜像存储文件到本地镜像库，也可以使用docker import命令来导入一个容器快照到本地镜像库。

这两者的区别在于容器快照文件将丢弃所有的历史记录和元数据信息（即仅保存容器当时的快照状态），而镜像存储文件将保存完整记录，体积也更大。此外，从容器快照文件导入时可以重新指定标签等元数据信息。

## 4.6 本章小结

容器是直接提供应用服务的组件，也是Docker实现快速启停和高效服务性能的基础。

通过本章内容的介绍和示例，相信读者很快能掌握对容器整个生命周期进行管理的各项操作命令。

在生产环境中，因为容器自身的轻量级特性，笔者推荐使用容器时在—组容器前引入HA（High Availability，高可靠性）机制。例如使用HAProxy工具来代理容器访问，这样在容器出现故障时，可以快速切换到功能正常的容器。此外，建议通过指定合适的容器重启策略，来自动重启退出的容器。

## 第5章 访问Docker仓库

仓库（**Repository**）是集中存放镜像的地方，分公共仓库和私有仓库。一个容易与之混淆的概念是注册服务器（**Registry**）。实际上注册服务器是存放仓库的具体服务器，一个注册服务器上可以有多个仓库，而每个仓库下面可以有多个镜像。从这方面来说，可将仓库看做一个具体的项目或目录。例如对于仓库地址`private-docker.com/ubuntu`来说，`private-docker.com`是注册服务器地址，`ubuntu`是仓库名。

本章将介绍如何使用Docker Hub官方仓库，包括登录、下载等基本操作，以及如何使用国内社区提供的仓库，最后介绍创建和使用私有仓库的基本操作。

## 5.1 Docker Hub公共镜像市场

目前Docker官方维护了一个公共镜像仓库<https://hub.docker.com>，其中已经包括超过15000的镜像。大部分镜像需求，都可以通过在Docker Hub中直接下载镜像来实现，如图5-1所示。

### 1. 登录

可以通过命令行执行`docker login`命令来输入用户名、密码和邮箱来完成注册和登录。注册成功后，本地用户目录的`.dockercfg`中将保存用户的认证信息。

登录成功的用户可以上传个人制造的镜像。

### 2. 基本操作

用户无需登录即可通过`docker search`命令来查找官方仓库中的镜像，并利用`docker pull`命令来将它下载到本地。



图5-1 Docker Hub是最大的公共镜像仓库

在搜寻镜像的章节，已经具体介绍了如何使用docker pull命令。例如以centos为关键词进行搜索：

```
$ docker search centos
NAME                DESCRIPTION                STARS     OFFICIAL   AUTOMATED
centos              The official build of CentOS.       2507      [OK]
ansible/centos7-ansible  Ansible on Centos7              82        [OK]
jdeathe/centos-ssh   CentOS-6 6.8 x86_64 / CentOS-7 7.2.1511 x86_64  27        [OK]
nimmis/java-centos   This is docker images of CentOS 7 with dif...  13        [OK]
million12/centos-supervisor  Base CentOS-7 with supervisor launch...  12        [OK]
...
```

根据是否为官方提供，可将这些镜像资源分为两类。一种是类似centos这样的基础镜像，称为基础或根镜像。这些镜像是由Docker公司创建、验证、支持、提供。这样的镜像往往使用单个单词作为名字。

还有一种类型，比如ansible/centos7-ansible镜像，它是由Docker用户ansible创建并维护的，带有用户名称为前缀，表明是某用户下的某仓库。可以通过用户名称前缀user\_name/镜像名来指定使用某个用户提供的镜像。

另外，在查找的时候通过-s N参数可以指定仅显示评价为N星以上的镜像。

下载官方centos镜像到本地，如下所示：

---

```
$ docker pull centos
Pulling repository centos
0b443ba03958: Download complete
539c0211cd76: Download complete
511136ea3c5a: Download complete
7064731afe90: Download complete
```

---

用户也可以在登录后通过docker push命令来将本地镜像推送到Docker Hub。



提示

Ansible是知名自动化部署配置管理工具。

### 3.自动创建

自动创建（Automated Builds）功能对于需要经常升级镜像内程序来说，十分方便。有时候，用户创建了镜像，安装了某个软件，如果软件发布新版本则需要手动更新镜像。

而自动创建允许用户通过Docker Hub指定跟踪一个目标网站（目前支持GitHub或BitBucket）上的项目，一旦项目发生新的提交，则自动执行创建。



要配置自动创建，包括如下的步骤：

1) 创建并登录Docker Hub，以及目标网站；\*在目标网站中连接帐户到Docker Hub；

2) 在Docker Hub中配置一个“自动创建”；

3) 选取一个目标网站中的项目（需要含Dockerfile）和分支；

4) 指定Dockerfile的位置，并提交创建。

之后，可以在Docker Hub的“自动创建”页面中跟踪每次创建的状态。

## 5.2 时速云镜像市场

国内不少云服务商都提供了Docker镜像市场，下面以时速云为例（见图5-2），介绍如何使用这些市场。



图5-2 时速云镜像市场

### 1. 查看镜像

访问<https://hub.tenxcloud.com>，即可看到已存在的仓库和存储的镜像，包括Ubuntu、Java、Mongo、MySQL、Nginx等热门仓库和镜像。时速云官方仓库中的镜像会保持跟DockerHub中官方镜像的同步。

以MongoDB仓库为例，其中包括了2.6、3.0和3.2等镜像。

## 2. 下载镜像

下载镜像也是使用docker pull命令，但是要在镜像名称前添加注册服务器的具体地址。格式为  
index.tenxcloud.com/<namespace>/<repository>: <tag>。

例如，要下载Docker官方仓库中的node: latest镜像，可以使用如下命令：

---

```
$ docker pull index.tenxcloud.com/docker_library/node:latest
```

---

正常情况下，镜像下载会比直接从DockerHub下载快得多。

通过docker images命令来查看下载到本地的镜像：

---

```
$ docker images
REPOSITORY TAG IMAGE ID CREATED SIZE
index.tenxcloud.com/docker_library/node latest
e79fe5711c94 4 weeks ago 660.7 MB
```

---

下载后，可以更新镜像的标签，与官方标签保持一致，方便使用：

---

```
$ docker tag index.tenxcloud.com/docker_library/node:latest node:latest
```

---

另外，阿里云等服务商也已经提供了Docker镜像的下载服务，用户可以根据服务质量自行选择。

除了使用这些公共镜像服务外，还可以搭建本地的私有仓库服务器，将在下一节介绍。

## 5.3 搭建本地私有仓库

### 1.使用registry镜像创建私有仓库

安装Docker后，可以通过官方提供的registry镜像来简单搭建一套本地私有仓库环境：

---

```
$ docker run -d -p 5000:5000 registry
```

---

这将自动下载并启动一个registry容器，创建本地的私有仓库服务。

默认情况下，会将仓库创建在容器的/tmp/registry目录下。可以通过-v参数来将镜像文件存放在本地的指定路径。

例如下面的例子将上传的镜像放到/opt/data/registry目录：

---

```
$ docker run -d -p 5000:5000 -v /opt/data/registry:/tmp/registry registry
```

---

此时，在本地将启动一个私有仓库服务，监听端口为5000。

### 2.管理私有仓库

首先在本书环境的笔记本上（Linux Mint）搭建私有仓库，查看其地址为10.0.2.2：5000。然后在虚拟机系统（Ubuntu 14.04）里测试上传和下载镜像。

在Ubuntu 14.04系统查看已有的镜像：

---

```
$ docker images
```

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	VIRTUAL SIZE
ubuntu	14.04	ba5877dc9bec	6 days ago	199.3 MB

---

使用docker tag命令将这个镜像标记为10.0.2.2：5000/test（格式为docker tag IMAGE[: TAG][REGISTRYHOST/][USERNAME/]NAME[: TAG]）：

---

```
$ docker tag ubuntu:14.04 10.0.2.2:5000/test
$ docker images
```

---

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	CREATED	VIRTUAL SIZE
ubuntu	14.04	ba5877dc9bec	6 days ago	199.3 MB
10.0.2.2:5000/test	latest	ba5877dc9bec	6 days ago	199.3 MB

## 使用docker push上传标记的镜像：

```
$ docker push 10.0.2.2:5000/test
The push refers to a repository [10.0.2.2:5000/test] (len: 1)
Sending image list
Pushing repository 10.0.2.2:5000/test (1 tags)
Image 511136ea3c5a already pushed, skipping
Image 9bad880da3d2 already pushed, skipping
Image 25f11f5fb0cb already pushed, skipping
Image ebc34468f71d already pushed, skipping
Image 2318d26665ef already pushed, skipping
Image ba5877dc9bec already pushed, skipping
Pushing tag for rev [ba5877dc9bec] on
    {http://10.0.2.2:5000/v1/repositories/test/tags/latest}
```

## 用curl查看仓库10.0.2.2: 5000中的镜像：

```
$ curl http://10.0.2.2:5000/v1/search
{"num_results": 1, "query": "", "results": [{"description": "", "name": "library/test"}]}
```

在结果中可以看到{"description": "", "name": "library/test"}，表明镜像已经成功上传了。现在可以到任意一台能访问到10.0.2.2地址的机器去下载这个镜像了。

比较新的Docker版本对安全性要求较高，会要求仓库支持SSL/TLS证书。对于内部使用的私有仓库，可以自行配置证书或关闭对仓库的安全性检查。

首先，修改Docker daemon的启动参数，添加如下参数，表示信任这个私有仓库，不进行安全证书检查：

```
DOCKER_OPTS="--insecure-registry 10.0.2.2:5000"
```

## 之后重启Docker服务，并从私有仓库中下载镜像到本地：

```
$ sudo service docker restart
$ docker pull 10.0.2.2:5000/test
Pulling repository 10.0.2.2:5000/test
ba5877dc9bec: Download complete
511136ea3c5a: Download complete
9bad880da3d2: Download complete
25f11f5fb0cb: Download complete
ebc34468f71d: Download complete
2318d26665ef: Download complete
$ docker images
REPOSITORY          TAG          IMAGE ID          CREATED          VIRTUAL SIZE
10.0.2.2:5000/test  latest      ba5877dc9bec     6 days ago      199.3 MB
```

下载后，还可以添加一个更通用的标签ubuntu: 14.04:

---

```
$ docker tag 10.0.2.2:5000/test ubuntu:14.04
```

---



注意

如果要使用安全证书，用户也可以从较知名的CA服务商（如verisign）申请公开的SSL/TLS证书，或者使用openssl等软件来自行生成。

## 5.4 本章小结

仓库概念的引入，为Docker镜像文件的分发和管理提供了便捷的途径。本章介绍的Docker Hub和时速云镜像市场两个公共仓库服务，可以方便个人用户进行镜像的下载和使用等操作。

在企业的生产环境中，则往往需要使用私有仓库来维护内部镜像。在后续部分中，将介绍私有仓库的更多配置选项。

## 第6章 Docker数据管理

生产环境中使用Docker的过程中，往往需要对数据进行持久化，或者需要在多个容器之间进行数据共享，这必然涉及容器的数据管理操作。

容器中管理数据主要有两种方式：

- 数据卷（Data Volumes）：容器内数据直接映射到本地主机环境；
- 数据卷容器（Data Volume Containers）：使用特定容器维护数据卷。

本章将首先介绍如何在容器内创建数据卷，并且把本地的目录或文件挂载到容器内的数据卷中。接下来，会介绍如何使用数据卷容器在容器和主机、容器和容器之间共享数据，并实现数据的备份和恢复。



## 6.1 数据卷

数据卷是一个可供容器使用的特殊目录，它将主机操作系统目录直接映射进容器，类似于Linux中的mount操作。

数据卷可以提供很多有用的特性，如下所示：

- 数据卷可以在容器之间共享和重用，容器间传递数据将变得高效方便；
- 对数据卷内数据的修改会立马生效，无论是容器内操作还是本地操作；
- 对数据卷的更新不会影响镜像，解耦了应用和数据；
- 卷会一直存在，直到没有容器使用，可以安全地卸载它。

### 1.在容器内创建一个数据卷

在用docker run命令的时候，使用-v标记可以在容器内创建一个数据卷。多次重复使用-v标记可以创建多个数据卷。

下面使用training/webapp镜像创建一个web容器，并创建一个数据卷挂载到容器的/webapp目录：

---

```
$ docker run -d -P --name web -v /webapp training/webapp python app.py
```

---



注意

-P是将容器服务暴露的端口，是自动映射到本地主机的临时端口。

### 2.挂载一个主机目录作为数据卷

使用-v标记也可以指定挂载一个本地的已有目录到容器中去作为数据卷（推荐方式）。

---

```
$ docker run -d -P --name web -v /src/webapp:/opt/webapp training/webapp python app.py
```

---

上面的命令加载主机的/src/webapp目录到容器的/opt/webapp目录。

这个功能在进行测试的时候十分方便，比如用户可以将一些程序或数据放到本地目录中，然后在容器内运行和使用。另外，本地目录的路径必须是绝对路径，如果目录不存在Docker，会自动创建。

Docker挂载数据卷的默认权限是读写（rw），用户也可以通过ro指定为只读：

---

```
$ docker run -d -P --name web -v /src/webapp:/opt/webapp:ro training/webapp python app.py
```

---

加了：ro之后，容器内对所挂载数据卷内的数据就无法修改了。

### 3.挂载一个本地主机文件作为数据卷

-v标记也可以从主机挂载单个文件到容器中作为数据卷（不推荐）。

---

```
$ docker run --rm -it -v ~/.bash_history:/root/.bash_history ubuntu /bin/bash
```

---

这样就可以记录在容器输入过的命令历史了。



注意

如果直接挂载一个文件到容器，使用文件编辑工具，包括vi或者sed--in-place的时候，可能会造成文件inode的改变，从Docker 1.1.0起，这会导致报错信息。所以推荐的方式是直接挂载文件所在的目录。

## 6.2 数据卷容器

如果用户需要在多个容器之间共享一些持续更新的数据，最简单的方式是使用数据卷容器。数据卷容器也是一个容器，但是它的目的是专门用来提供数据卷供其他容器挂载。

首先，创建一个数据卷容器dbdata，并在其中创建一个数据卷挂载到/dbdata：

---

```
$ docker run -it -v /dbdata --name dbdata ubuntu
root@3ed94f279b6f:/#
```

---

查看/dbdata目录：

---

```
root@3ed94f279b6f:/# ls
bin boot dbdata dev etc home lib lib64 media mnt opt proc root run
sbin srv sys tmp usr var
```

---

然后，可以在其他容器中使用--volumes-from来挂载dbdata容器中的数据卷，例如创建db1和db2两个容器，并从dbdata容器挂载数据卷：

---

```
$ docker run -it --volumes-from dbdata --name db1 ubuntu
$ docker run -it --volumes-from dbdata --name db2 ubuntu
```

---

此时，容器db1和db2都挂载同一个数据卷到相同的/dbdata目录。三个容器任何一方在该目录下的写入，其他容器都可以看到。

例如，在dbdata容器中创建一个test文件，如下所示：

---

```
root@3ed94f279b6f:/# cd /dbdata
root@3ed94f279b6f:/dbdata# touch test
root@3ed94f279b6f:/dbdata# ls
test
```

---

在db1容器内查看它：

---

```
$ docker run -it --volumes-from dbdata --name db1 ubuntu
root@4128d2d804b4:/# ls
bin boot dbdata dev etc home lib lib64 media mnt opt proc root run
sbin srv sys tmp usr var
root@4128d2d804b4:/# ls dbdata/
test
```

---

可以多次使用`--volumes-from`参数来从多个容器挂载多个数据卷。还可以从其他已经挂载了容器卷的容器来挂载数据卷。



注意

使用`--volumes-from`参数所挂载数据卷的容器自身并不需要保持在运行状态。

如果删除了挂载的容器（包括`dbdata`、`db1`和`db2`），数据卷并不会被自动删除。如果要删除一个数据卷，必须在删除最后一个还挂载着它的容器时显式使用`docker rm-v`命令来指定同时删除关联的容器。

使用数据卷容器可以让用户在容器之间自由地升级和移动数据卷。具体的操作将在下一节中讲解。

## 6.3 利用数据卷容器来迁移数据

可以利用数据卷容器对其中的数据卷进行备份、恢复，以实现数据的迁移。下面介绍这两个操作。

### 1. 备份

使用下面的命令来备份dbdata数据卷容器内的数据卷：

---

```
$ docker run --volumes-from dbdata -v $(pwd):/backup --name worker ubuntu tar  
cvf /backup/backup.tar /dbdata
```

---

这个命令稍微有点复杂，具体分析一下。首先利用ubuntu镜像创建了一个容器worker。使用--volumes-from dbdata参数来让worker容器挂载dbdata容器的数据卷（即dbdata数据卷）；使用-v\$(pwd):/backup参数来挂载本地的当前目录到worker容器的/backup目录。

worker容器启动后，使用了tar cvf/backup/backup.tar/dbdata命令来将/dbdata下内容备份为容器内的/backup/backup.tar，即宿主主机当前目录下的backup.tar。

### 2. 恢复

如果要将数据恢复到一个容器，可以按照下面的步骤操作。首先创建一个带有数据卷的容器dbdata2：

---

```
$ docker run -v /dbdata --name dbdata2 ubuntu /bin/bash
```

---

然后创建另一个新的容器，挂载dbdata2的容器，并使用untar解压备份文件到所挂载的容器卷中：

---

```
$ docker run --volumes-from dbdata2 -v $(pwd):/backup busybox tar xvf  
/backup/backup.tar
```

---

## 6.4 本章小结

数据是最宝贵的资源。Docker在设计上考虑到了这点，为数据管理提供了充分的操作支持。

本章介绍了通过数据卷和数据卷容器对容器内数据进行共享、备份和恢复等操作，通过这些机制，即使容器在运行中出现故障，用户也不必担心数据发生丢失，只需要快速地重新创建容器即可。

在生产环境中，笔者推荐在使用数据卷或数据卷容器之外，定期将主机的本地数据进行备份，或者使用支持容错的存储系统，包括RAID或分布式文件系统如Ceph、GPFS、HDFS等。

## 第7章 端口映射与容器互联

通过前面几章的学习，相信读者已经掌握了单个容器的管理操作。在实践中，经常会碰到需要多个服务组件容器共同协作的情况，这往往需要多个容器之间有能够互相访问到对方的服务。

除了通过网络访问外，**Docker**还提供了两个很方便的功能来满足服务访问的基本需求：一个是允许映射容器内应用的服务端口到本地宿主机；另一个是互联机制实现多个容器间通过容器名来快速访问。本章将分别讲解这两个很实用的功能。

## 7.1 端口映射实现访问容器

### 1.从外部访问容器应用

在启动容器的时候，如果不指定对应的参数，在容器外部是无法通过网络来访问容器内的网络应用和服务的。

当容器中运行一些网络应用，要让外部访问这些应用时，可以通过-P或-p参数来指定端口映射。当使用-P（大写的）标记时，Docker会随机映射一个49000~49900的端口到内部容器开放的网络端口：

---

```
$ docker run -d -P training/webapp python app.py
$ docker ps -l
CONTAINER ID   IMAGE                                COMMAND                  CREATED
STATUS        PORTS                NAMES
bc533791f3f5   training/webapp:latest              python app.py           5 seconds ago   Up 2 seconds
0.0.0.0:49155->5000/tcp   nostalgic_morse
```

---

此时，可以使用`docker ps`看到，本地主机的49155被映射到了容器的5000端口。访问宿主主机的49155端口即可访问容器内Web应用提供的界面。

同样，可以通过`docker logs`命令来查看应用的信息：

---

```
$ docker logs -f nostalgic_morse
* Running on http://0.0.0.0:5000/
10.0.2.2 - - [23/May/2014 20:16:31] "GET / HTTP/1.1" 200 -
10.0.2.2 - - [23/May/2014 20:16:31] "GET /favicon.ico HTTP/1.1" 404 -
```

---

-p（小写的）可以指定要映射的端口，并且，在一个指定端口上只可以绑定一个容器。支持的格式有IP: HostPort: ContainerPort|IP: : ContainerPort|HostPort: ContainerPort。

### 2.映射所有接口地址

使用HostPort: ContainerPort格式将本地的5000端口映射到容器的5000端口，可以执行：

---

```
$ docker run -d -p 5000:5000 training/webapp python app.py
```

---



此时默认会绑定本地所有接口上的所有地址。多次使用-p标记可以绑定多个端口。例如：

```
$ docker run -d -p 5000:5000 -p 3000:80 training/webapp python app.py
```

### 3.映射到指定地址的指定端口

可以使用IP: HostPort: ContainerPort格式指定映射使用一个特定地址，比如localhost地址127.0.0.1：

```
$ docker run -d -p 127.0.0.1:5000:5000 training/webapp python app.py
```

### 4.映射到指定地址的任意端口

使用IP: : ContainerPort绑定localhost的任意端口到容器的5000端口，本地主机会自动分配一个端口：

```
$ docker run -d -p 127.0.0.1::5000 training/webapp python app.py
```

还可以使用udp标记来指定udp端口：

```
$ docker run -d -p 127.0.0.1:5000:5000/udp training/webapp python app.py
```

### 5.查看映射端口配置

使用docker port命令来查看当前映射的端口配置，也可以查看到绑定的地址：

```
$ docker port nostalgic_morse 5000
127.0.0.1:49155.
```



注意

容器有自己的内部网络和IP地址，使用`docker inspect+容器ID`可以获取容器的具体信息。

## 7.2 互联机制实现便捷互访

容器的互联（linking）是一种让多个容器中应用进行快速交互的方式。它会在源和接收容器之间创建连接关系，接收容器可以通过容器名快速访问到源容器，而不用指定具体的IP地址。

### 1.自定义容器命名

连接系统依据容器的名称来执行。因此，首先需要定义一个好记的容器名字。

虽然当创建容器的时候，系统默认会分配一个名字，但自定义容器名字有两个好处：

- 自定义的命名比较好记，比如一个Web应用容器，我们可以给它起名叫web，一目了然；
- 当要连接其他容器时，即便重启，也可以使用容器名而不用改变，比如连接web容器到db容器。

使用--name标记可以为容器自定义命名：

```
$ docker run -d -P --name web training/webapp python app.py
```

使用docker ps来验证设定的命名：

```
$ docker ps -l
CONTAINER ID   IMAGE      NAMES      COMMAND      CREATED      STATUS
PORTS
aed84ee21bde   training/webapp:latest python app.py 12 hours ago Up 2 seconds
0.0.0.0:49154->5000/tcp web
```

也可以使用docker inspect来查看容器的名字：

```
$ docker inspect -f "{{ .Name }}" aed84ee21bde
/web
```



## 注意

容器的名称是唯一的。如果已经命名了一个叫web的容器，当你要再次使用web这个名称的时候，需要先用docker rm来删除之前创建的同名容器。

在执行docker run的时候如果添加--rm标记，则容器在终止后会立刻删除。注意，--rm和-d参数不能同时使用。

## 2.容器互联

使用--link参数可以让容器之间安全地进行交互。

下面先创建一个新的数据库容器：

```
$ docker run -d --name db training/postgres
```

删除之前创建的web容器：

```
$ docker rm -f web
```

然后创建一个新的web容器，并将它连接到db容器：

```
$ docker run -d -P --name web --link db:db training/webapp python app.py
```

此时，db容器和web容器建立互联关系：

--link参数的格式为--link name: alias，其中name是要连接的容器名称，alias是这个连接的别名。

使用docker ps来查看容器的连接，如下所示：

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE          COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS          NAMES
349169744e49   training/postgres:latest   su postgres -c '/usr    About a minute
```

```
ago Up About a minute 5432/tcp db, web/db
aed84ee21bde training/webapp:latest python app.py 16 hours ago Up 2
minutes 0.0.0.0:49154->5000/tcp web
```

---

可以看到自定义命名的容器，db和web，db容器的names列有db也有web/db。这表示web容器连接到db容器，这允许web容器访问db容器的信息。

Docker相当于在两个互联的容器之间创建了一个虚拟机通道，而且不用映射它们的端口到宿主主机上。在启动db容器的时候并没有使用-p和-P标记，从而避免了暴露数据库服务端口到外部网络上。

Docker通过两种方式为容器公开连接信息：

- 更新环境变量；
- 更新/etc/hosts文件。

使用env命令来查看web容器的环境变量：

---

```
$ docker run --rm --name web2 --link db:db training/webapp env
. . .
DB_NAME=/web2/db
DB_PORT=tcp://172.17.0.5:5432
DB_PORT_5000_TCP=tcp://172.17.0.5:5432
DB_PORT_5000_TCP_PROTO=tcp
DB_PORT_5000_TCP_PORT=5432
DB_PORT_5000_TCP_ADDR=172.17.0.5
. . .
```

---

其中DB\_开头的环境变量是供web容器连接db容器使用的，前缀采用大写的连接别名。

除了环境变量之外，Docker还添加host信息到父容器的/etc/hosts文件。下面是父容器web的hosts文件：

---

```
$ docker run -t -i --rm --link db:db training/webapp /bin/bash
root@aed84ee21bde:/opt/webapp# cat /etc/hosts
172.17.0.7 aed84ee21bde
. . .
172.17.0.5 db
```

---

这里有两个hosts信息，第一个是web容器，web容器用自己的id作为默认主机名，第二个是db容器的IP和主机名。可以在web容器中安装ping命令来测试与db容器的连通：

---

```
root@aed84ee21bde:/opt/webapp# apt-get install -yqq inetutils-ping
root@aed84ee21bde:/opt/webapp# ping db
PING db (172.17.0.5): 48 data bytes
56 bytes from 172.17.0.5: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.267 ms
56 bytes from 172.17.0.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.250 ms
56 bytes from 172.17.0.5: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.256 ms
```

---

用ping来测试db容器，它会解析成172.17.0.5。用户可以连接多个子容器到父容器，比如可以连接多个web到同一个db容器上。

## 7.3 本章小结

毫无疑问，容器服务的访问是很关键的一个用途。本章通过具体案例讲解了Docker容器服务访问的两大基本操作，包括基础的容器端口映射机制和容器互联机制。同时，Docker目前可以成熟地支持Linux系统自带的网络服务和功能，这既可以利用现有成熟的技术提供稳定支持，又可以实现快速的高性能转发。

在生产环境中，网络方面的需求更加复杂多变，包括跨主机甚至跨数据中心的通信，这时候往往就需要引入额外的机制，例如SDN（软件定义网络）或NFV（网络功能虚拟化）的相关技术。

本书的第三部分将进一步探讨如何通过libnetwork来实现跨主机的容器通信，以及Docker网络的高级功能和配置。

## 第8章 使用Dockerfile创建镜像

Dockerfile是一个文本格式的配置文件，用户可以使用Dockerfile来快速创建自定义的镜像。

本章首先介绍Dockerfile典型的基本结构和它支持的众多指令，并具体讲解通过这些指令来编写定制镜像的Dockerfile，以及如何生成镜像。最后介绍使用Dockerfile的一些最佳实践经验。



## 8.1 基本结构

Dockerfile由一行行命令语句组成，并且支持以#开头的注释行。

一般而言，Dockerfile分为四部分：基础镜像信息、维护者信息、镜像操作指令和容器启动时执行指令。例如：

---

```
# This Dockerfile uses the ubuntu image
# VERSION 2 - EDITION 1
# Author: docker_user
# Command format: Instruction [arguments / command] ..
# Base image to use, this must be set as the first line
FROM ubuntu
# Maintainer: docker_user <docker_user at email.com> (@docker_user)
MAINTAINER docker_user docker_user@email.com
# Commands to update the image
RUN echo "deb http://archive.ubuntu.com/ubuntu/ raring main universe" >> /etc/apt/
    sources.list
RUN apt-get update && apt-get install -y nginx
RUN echo "\ndaemon off;" >> /etc/nginx/nginx.conf
# Commands when creating a new container
CMD /usr/sbin/nginx
```

---

其中，一开始必须指明所基于的镜像名称，接下来一般是说明维护者信息。后面则是镜像操作指令，例如RUN指令，RUN指令将对镜像执行跟随的命令。每运行一条RUN指令，镜像就添加新的一层，并提交。最后是CMD指令，用来指定运行容器时的操作命令。

下面是Docker Hub上两个热门镜像的Dockerfile的例子，可以帮助读者对Dockerfile结构有个基本的认识。

第一个例子是在debian: jessie基础镜像基础上安装Nginx环境，从而创建一个新的nginx镜像：

---

```
FROM debian:jessie
MAINTAINER NGINX Docker Maintainers "docker-maint@nginx.com"
ENV NGINX_VERSION 1.10.1-1-jessie
RUN apt-key adv --keyserver hkp://pgp.mit.edu:80 --recv-keys 573BFD6B3D8FBC64107
    9A6ABABF5BD827BD9BF62 \
    && echo "deb http://nginx.org/packages/debian/ jessie nginx" >> /etc/
        apt/sources.list \
    && apt-get update \
    && apt-get install --no-install-recommends --no-install-suggests -y \
        ca-certificates \
        nginx=${NGINX_VERSION} \
        nginx-module-xslt \
        nginx-module-geoip \
        nginx-module-image-filter \
        nginx-module-perl \
        nginx-module-njs \
        gettext-base \
    && rm -rf /var/lib/apt/lists/*
# forward request and error logs to docker log collector
RUN ln -sf /dev/stdout /var/log/nginx/access.log \
    && ln -sf /dev/stderr /var/log/nginx/error.log
EXPOSE 80 443
CMD ["nginx", "-g", "daemon off;"]
```

---

第二个例子是基于buildpack-deps: jessie-scm基础镜像，安装Golang相关环境，制作一个GO语言的运行环境镜像：

---

```
FROM buildpack-deps:jessie-scm
# gcc for cgo
RUN apt-get update && apt-get install -y --no-install-recommends \
    g++ \
    gcc \
    libc6-dev \
    make \
    && rm -rf /var/lib/apt/lists/*
ENV GOLANG_VERSION 1.6.3
ENV GOLANG_DOWNLOAD_URL https://golang.org/dl/go$GOLANG_VERSION.linux-amd64.tar.gz
ENV GOLANG_DOWNLOAD_SHA256 cdde5e08530c0579255d6153b08fdb3b8e47caabbe717bc7bcd
7561275a87aeb
RUN curl -fsSL "$GOLANG_DOWNLOAD_URL" -o golang.tar.gz \
    && echo "$GOLANG_DOWNLOAD_SHA256 golang.tar.gz" | sha256sum -c - \
    && tar -C /usr/local -xzf golang.tar.gz \
    && rm golang.tar.gz
ENV GOPATH /go
ENV PATH $GOPATH/bin:/usr/local/go/bin:$PATH
RUN mkdir -p "$GOPATH/src" "$GOPATH/bin" && chmod -R 777 "$GOPATH"
WORKDIR $GOPATH
COPY go-wrapper /usr/local/bin/
```

---

下面将讲解Dockerfile中各种指令的应用。

## 8.2 指令说明

指令的一般格式为INSTRUCTION arguments，指令包括FROM、MAINTAINER、RUN等，参见表8-1。

表8-1 Dockerfile指令说明

指 令	说 明
FROM	指定所创建镜像的基础镜像
MAINTAINER	指定维护者信息
RUN	运行命令
CMD	指定启动容器时默认执行的命令
LABEL	指定生成镜像的元数据标签信息
EXPOSE	声明镜像内服务所监听的端口
ENV	指定环境变量
ADD	复制指定的 <src> 路径下的内容到容器中的 <dest> 路径下，<src> 可以为 URL；如果为 tar 文件，会自动解压到 <dest> 路径下
COPY	复制本地主机的 <src> 路径下的内容到镜像中的 <dest> 路径下；一般情况下推荐使用 COPY，而不是 ADD
ENTRYPOINT	指定镜像的默认入口
VOLUME	创建数据卷挂载点
USER	指定运行容器时的用户名或 UID

(续)

指 令	说 明
WORKDIR	配置工作目录
ARG	指定镜像内使用的参数（例如版本号信息等）
ONBUILD	配置当所创建的镜像作为其他镜像的基础镜像时，所执行的创建操作指令
STOPSIGNAL	容器退出的信号值
HEALTHCHECK	如何进行健康检查
SHELL	指定使用 shell 时的默认 shell 类型

下面分别进行介绍。

## 1.FROM

指定所创建镜像的基础镜像，如果本地不存在，则默认会去Docker Hub下载指定镜像。

格式为FROM<image>，或FROM<image>: <tag>，或FROM<image>@<digest>。

任何Dockerfile中的第一条指令必须为FROM指令。并且，如果在同一个Dockerfile中创建多个镜像，可以使用多个FROM指令（每个镜像一次）。

## 2.MAINTAINER

指定维护者信息，格式为MAINTAINER<name>。例如：

---

```
MAINTAINER image_creator@docker.com
```

---

该信息会写入生成镜像的Author属性域中。

## 3.RUN

运行指定命令。

格式为RUN<command>或RUN["executable", "param1", "param2"]。注意，后一个指令会被解析为Json数组，因此必须用双引号。

前者默认将在shell终端中运行命令，即/bin/sh-c；后者则使用exec执行，不会启动shell环境。

指定使用其他终端类型可以通过第二种方式实现，例如RUN["/bin/bash", "-c", "echo hello"]。

每条RUN指令将在当前镜像的基础上执行指定命令，并提交为新的镜像。当命令较长时可以使用\来换行。例如：

---

```
RUN apt-get update \
    && apt-get install -y libsnappy-dev zlib1g-dev libbz2-dev \
    && rm -rf /var/cache/apt
```

---

## 4.CMD

CMD指令用来指定启动容器时默认执行的命令。它支持三种格式：

- CMD["executable", "param1", "param2"]使用exec执行，是推荐使用的格式；

- CMD command param1 param2在/bin/sh中执行，提供给需要交互的应用；

- CMD["param1", "param2"]提供给ENTRYPOINT的默认参数。

每个Dockerfile只能有一条CMD命令。如果指定了多条命令，只有最后一条会被执行。

如果用户启动容器时手动指定了运行的命令（作为run的参数），则会覆盖掉CMD指定的命令。

## 5.LABEL

LABEL指令用来指定生成镜像的元数据标签信息。

格式为LABEL<key>=<value><key>=<value><key>=<value>...。

例如：

---

```
LABEL version="1.0"
LABEL description="This text illustrates \ that label-values can span multiple lines."
```

---

## 6.EXPOSE

声明镜像内服务所监听的端口。

格式为EXPOSE<port>[<port>...]。

例如：

---

```
EXPOSE 22 80 8443
```

---

注意，该指令只是起到声明作用，并不会自动完成端口映射。

在启动容器时需要使用-P，Docker主机会自动分配一个宿主机的临时端口转发到指定的端口；使用-p，则可以具体指定哪个宿主机的本地端口会映射过来。

## 7.ENV

指定环境变量，在镜像生成过程中会被后续RUN指令使用，在镜像启动的容器中也会存在。

格式为ENV<key><value>或ENV<key>=<value>...。

例如：

---

```
ENV PG_MAJOR 9.3
ENV PG_VERSION 9.3.4
RUN curl -SL http://example.com/postgres-$PG_VERSION.tar.xz | tar -xJC /usr/src/
  postgres && ...
ENV PATH /usr/local/postgres-$PG_MAJOR/bin:$PATH
```

---

指令指定的环境变量在运行时可以被覆盖掉，如`docker run--env<key>=<value>built_image`。

## 8.ADD

该命令将复制指定的<src>路径下的内容到容器中的<dest>路径下。

格式为`ADD<src><dest>`。

其中<src>可以是Dockerfile所在目录的一个相对路径（文件或目录），也可以是一个URL，还可以是一个tar文件（如果为tar文件，会自动解压到<dest>路径下）。<dest>可以是镜像内的绝对路径，或者相对于工作目录（WORKDIR）的相对路径。

路径支持正则格式，例如：

---

```
ADD *.c /code/
```

---

## 9.COPY

格式为`COPY<src><dest>`。

复制本地主机的<src>（为Dockerfile所在目录的相对路径、文件或目录）下的内容到镜像中的<dest>下。目标路径不存在时，会自动创建。

路径同样支持正则格式。

当使用本地目录为源目录时，推荐使用COPY。

## 10.ENTRYPOINT

指定镜像的默认入口命令，该入口命令会在启动容器时作为根命令执行，所有传入值作为该命令的参数。

支持两种格式：

---

```
ENTRYPOINT ["executable", "param1", "param2"] (exec调用执行)；  
ENTRYPOINT command param1 param2 (shell中执行)。
```

---

---

此时，CMD指令指定值将作为根命令的参数。

每个Dockerfile中只能有一个ENTRYPOINT，当指定多个时，只有最后一个有效。

在运行时，可以被--entrypoint参数覆盖掉，如docker run--entrypoint。

## 11.VOLUME

创建一个数据卷挂载点。

格式为VOLUME["/data"]。

可以从本地主机或其他容器挂载数据卷，一般用来存放数据库和需要保存的数据等。

## 12.USER

指定运行容器时的用户名或UID，后续的RUN等指令也会使用指定的用户身份。

格式为USER daemon。

当服务不需要管理员权限时，可以通过该命令指定运行用户，并且可以在之前创建所需要的用户。例如：

---

```
RUN groupadd -r postgres && useradd -r -g postgres postgres
```

---

要临时获取管理员权限可以使用gosu或sudo。

## 13.WORKDIR

为后续的RUN、CMD和ENTRYPOINT指令配置工作目录。

格式为WORKDIR/path/to/workdir。

可以使用多个WORKDIR指令，后续命令如果参数是相对路径，则



会基于之前命令指定的路径。例如：

---

```
WORKDIR /a
WORKDIR b
WORKDIR c
RUN pwd
```

---

则最终路径为/a/b/c。

## 14.ARG

指定一些镜像内使用的参数（例如版本号信息等），这些参数在执行docker build命令时才以--build-arg<varname>=<value>格式传入。

格式为ARG<name>[=<default value>]。

则可以用docker build--build-arg<name>=<value>.来指定参数值。

## 15.ONBUILD

配置当所创建的镜像作为其他镜像的基础镜像时，所执行的创建操作指令。

格式为ONBUILD[INSTRUCTION]。

例如，Dockerfile使用如下的内容创建了镜像image-A：

---

```
[...]
ONBUILD ADD . /app/src
ONBUILD RUN /usr/local/bin/python-build --dir /app/src
[...]
```

---

如果基于image-A创建新的镜像时，新的Dockerfile中使用FROM image-A指定基础镜像，会自动执行ONBUILD指令的内容，等价于在后面添加了两条指令：

---

```
FROM image-A
#Automatically run the following
ADD . /app/src
RUN /usr/local/bin/python-build --dir /app/src
```

---

使用ONBUILD指令的镜像，推荐在标签中注明，例如ruby: 1.9-onbuild。

## 16.STOPSIGNAL

指定所创建镜像启动的容器接收退出的信号值。例如：

---

```
STOPSIGNAL signal
```

---

## 17.HEALTHCHECK

配置所启动容器如何进行健康检查（如何判断健康与否），自 Docker 1.12开始支持。

格式有两种：

---

```
HEALTHCHECK [OPTIONS] CMD command: 根据所执行命令返回值是否为0来判断;
```

---

·HEALTHCHECK[OPTIONS]CMD command: 根据所执行命令返回值是否为0来判断;

·HEALTHCHECK NONE: 禁止基础镜像中的健康检查。

OPTION支持:

·--interval=DURATION（默认为: 30s）: 过多久检查一次;

·--timeout=DURATION（默认为: 30s）: 每次检查等待结果的超时;

·--retries=N（默认为: 3）: 如果失败了, 重试几次才最终确定失败。

## 18.SHELL

指定其他命令使用shell时的默认shell类型。

默认值为["/bin/sh", "-c"]。



注意

对于Windows系统，建议在Dockerfile开头添加`#escape=``来指定转义信息。

## 8.3 创建镜像

编写完成Dockerfile之后，可以通过docker build命令来创建镜像。

基本的格式为docker build[选项]内容路径，该命令将读取指定路径下（包括子目录）的Dockerfile，并将该路径下的所有内容发送给Docker服务端，由服务端来创建镜像。因此除非生成镜像需要，否则一般建议放置Dockerfile的目录为空目录。有两点经验：

- 如果使用非内容路径下的Dockerfile，可以通过-f选项来指定其路径。

- 要指定生成镜像的标签信息，可以使用-t选项。

例如，指定Dockerfile所在路径为/tmp/docker\_builder/，并且希望生成镜像标签为build\_repo/first\_image，可以使用下面的命令：

---

```
$ docker build -t build_repo/first_image /tmp/docker_builder/
```

---

## 8.4 使用.dockerignore文件

可以通过.dockerignore文件（每一行添加一条匹配模式）来让Docker忽略匹配模式路径下的目录和文件。例如：

---

```
# comment
*/temp*
*/*/temp*
tmp?
~*
```

---

## 8.5 最佳实践

所谓最佳实践，实际上是从需求出发，来定制适合自己、高效方便的镜像。

首先，要尽量吃透每个指令的含义和执行效果，自己多编写一些简单的例子进行测试，弄清楚了再撰写正式的Dockerfile。此外，Docker Hub官方仓库中提供了大量的优秀镜像和对应的Dockerfile，可以通过阅读它们来学习如何撰写高效的Dockerfile。

笔者在应用过程中也总结了一些实践经验。建议读者在生成镜像过程中，尝试从如下角度进行思考，完善所生成的镜像。

- 精简镜像用途**：尽量让每个镜像的用途都比较集中、单一，避免构造大而复杂、多功能的镜像；

- 选用合适的基础镜像**：过大的基础镜像会造成生成臃肿的镜像，一般推荐较为小巧的debian镜像；

- 提供足够清晰的命令注释和维护者信息**：Dockerfile也是一种代码，需要考虑方便后续扩展和他人使用；

- 正确使用版本号**：使用明确的版本号信息，如1.0，2.0，而非latest，将避免内容不一致可能引发的惨案；

- 减少镜像层数**：如果希望所生成镜像的层数尽量少，则要尽量合并指令，例如多个RUN指令可以合并为一条；

- 及时删除临时文件和缓存文件**：特别是在执行apt-get指令后，/var/cache/apt下面会缓存一些安装包；

- 提高生成速度**：如合理使用缓存，减少内容目录下的文件，或使用.dockerignore文件指定等；

- 调整合理的指令顺序**：在开启缓存的情况下，内容不变的指令尽量放在前面，这样可以尽量复用；

·**减少外部源的干扰：**如果确实要从外部引入数据，需要指定持久的地址，并带有版本信息，让他人可以重复而不出错。

## 8.6 本章小结

本章主要介绍了围绕Dockerfile文件构建镜像的过程，包括Dockerfile的基本结构、所支持的内部指令，使用它创建镜像的基本过程，以及合理构建镜像的最佳实践。在使用Dockerfile构建镜像的过程中，读者会体会到Docker“一点修改代替大量更新”的灵活之处。

当然，编写一个高质量的Dockerfile并不是一件容易的事情，需要一定时间的学习和实践。在本书的第二部分中，笔者也给出了大量热门镜像的Dockerfile，供大家学习参考。



## 第二部分 实战案例

- 第9章 操作系统
- 第10章 为镜像添加SSH服务
- 第11章 Web服务与应用
- 第12章 数据库应用
- 第13章 分布式处理与大数据平台
- 第14章 编程开发
- 第15章 容器与云服务
- 第16章 容器实战思考

实战，是检验技术的唯一标准。

通过第一部分的学习，相信读者已经掌握了Docker的核心概念和常用操作。在这一部分中笔者将展示大量的容器化应用案例，更加深入地展示容器技术如何在生产环境中进行应用。

第9章将介绍通过Docker来运行典型的操作系统环境，包括BusyBox、Alpine、Debian/Ubuntu、CentOS/Fedora等。

第10章将介绍如何为一个镜像添加SSH服务的支持，以及探讨访问容器内部的合理方案。

第11章将介绍利用Docker来提供典型的Web服务，包括Apache、Nginx、Tomcat、Jetty、LAMP、CMS等流行的Web工具，以及持续开发与管理的工具。

第12章将通过MySQL、MongoDB、Redis、Memcached、CouchDB、Cassandra等数据库的典型例子，展示在容器中搭建和配置常见的SQL和NoSQL数据库软件。

第13章将介绍分布式处理和大数据平台，包括消息队列代表RabbitMQ、分布式任务处理Celery、大数据平台Hadoop、Spark、Storm、Elasticsearch等。

第14章将介绍流行的编程语言，包括C/C++、Java、PHP、Python、Perl、Ruby、Node.js/JavaScript、Go等语言，以及如何用Docker来快速构建相应的编程开发环境。

接下来，在第15章将介绍支持容器技术的公有云服务和容器云平台。

最后，在第16章会结合生产实践中的常见需求和问题进行探讨，分享容器实战中的一些思考。

通过第二部分的实战案例学习，读者将可以更好地掌握容器技术，并在工作中更加高效地使用Docker。

## 第9章 操作系统

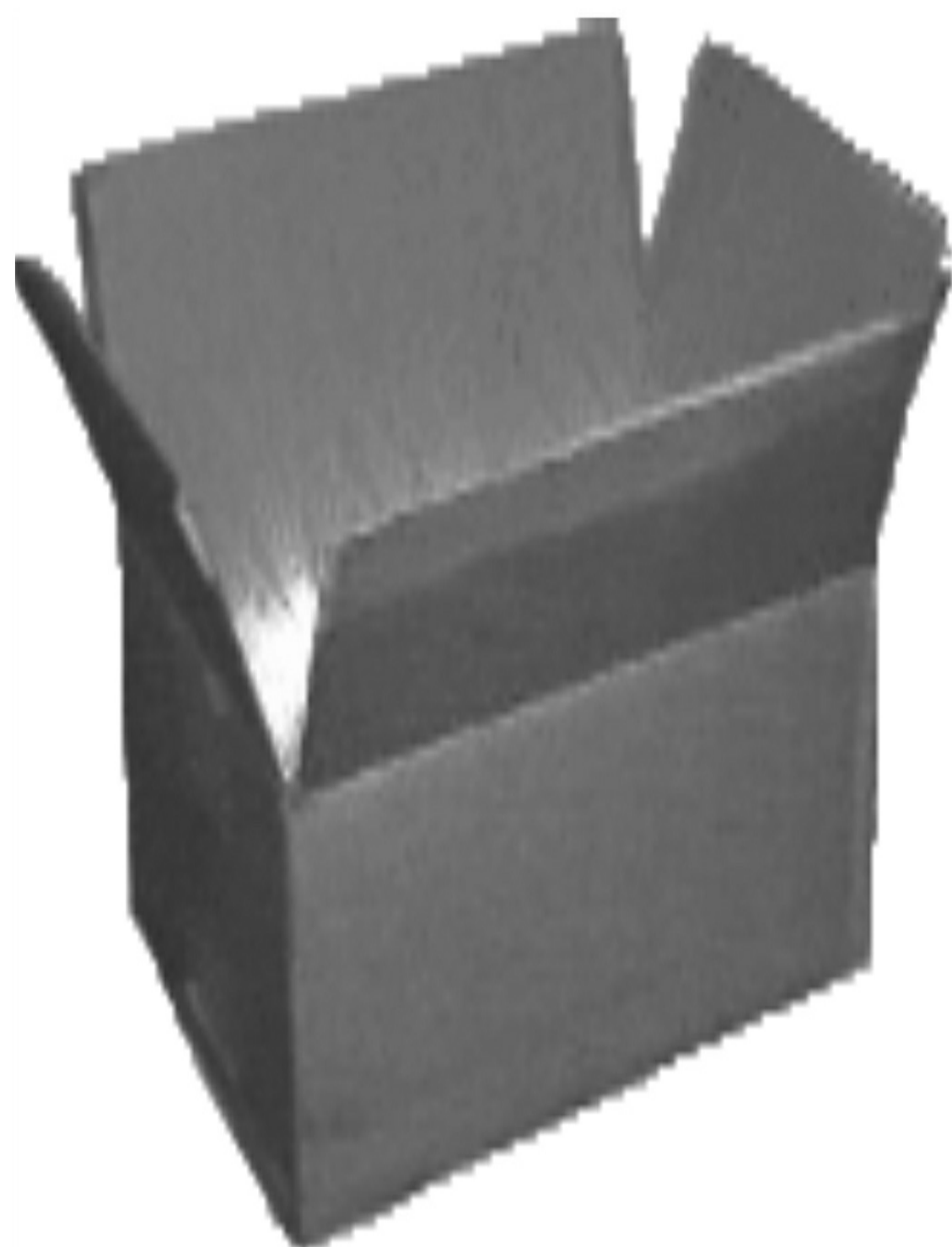
目前常用的Linux发行版主要包括Debian/Ubuntu系列和CentOS/Fedora系列。前者以自带软件包版本较新而出名；后者则宣称运行更稳定一些。选择哪个操作系统取决于读者的具体需求。同时，社区还推出了完全基于Docker的Linux发行版CoreOS。

使用Docker，只需要一个命令就能快速获取一个Linux发行版镜像，这是以往包括各种虚拟化技术都难以实现的。这些镜像一般都很精简，但是可以支持完整Linux系统的大部分功能。

本章将介绍如何使用Docker安装和使用BusyBox、Alpine、Debian/Ubuntu、CentOS/Fedora等操作系统。

## 9.1 BusyBox

BusyBox是一个集成了一百多个最常用Linux命令和工具（如cat、echo、grep、mount、telnet等）的精简工具箱，它只有几MB的大小，很方便进行各种快速验证，被誉为“Linux系统的瑞士军刀”。BusyBox可运行于多款POSIX环境的操作系统中，如Linux（包括Android）、Hurd、FreeBSD等。



在Docker Hub中搜索busybox相关的镜像：

```
$ docker search busybox
NAME                DESCRIPTION                STARS     OFFICIAL   AUTOMATED
busybox             Busybox base image.       755      [OK]
progrum/busybox     63      [OK]
radial/busyboxplus  Full-chain, Internet enabled, busybox made... 11      [OK]
odise/busybox-python 3      [OK]
multiarch/busybox   multiarch ports of ubuntu-debootstrap      2      [OK]
azukiapp/busybox    This image is meant to be used as the base... 2      [OK]
...
```

读者可以看到最受欢迎的镜像。带有OFFICIAL标记说明是官方镜像。用户可使用docker pull指令下载镜像busybox: latest:

```
$ docker pull busybox:latest
```

下载后，可以看到busybox镜像只有2.433MB:

```
$ docker images
REPOSITORY    TAG        IMAGE ID        CREATED         VIRTUAL SIZE
busybox       latest    e72ac664f4f0    6 weeks ago    2.433 MB
```

启动一个busybox容器，并在容器内查看挂载信息，如下所示：

```
$ docker run -it busybox
/ # mount
rootfs on / type rootfs (rw)
none on / type aufs (rw,relatime,si=b455817946f8505c)
proc on /proc type proc (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime)
tmpfs on /dev type tmpfs (rw,nosuid,mode=755)
shm on /dev/shm type tmpfs (rw,nosuid,nodev,noexec,relatime,size=65536k)
devpts on /dev/pts type devpts (rw,nosuid,noexec,relatime,gid=5,mode=620,ptmxmode=666)
sysfs on /sys type sysfs (ro,nosuid,nodev,noexec,relatime)
/dev/disk/by-uuid/b1f2dba7-d91b-4165-a377-bf1a8bed3f61 on /etc/resolv.conf type
    ext4 (rw,relatime,errors=remount-ro,data=ordered)
/dev/disk/by-uuid/b1f2dba7-d91b-4165-a377-bf1a8bed3f61 on /etc/hostname type
    ext4 (rw,relatime,errors=remount-ro,data=ordered)
/dev/disk/by-uuid/b1f2dba7-d91b-4165-a377-bf1a8bed3f61 on /etc/hosts type ext4
    (rw,relatime,errors=remount-ro,data=ordered)
devpts on /dev/console type devpts (rw,nosuid,noexec,relatime,gid=5,mode=620,pt
    mxmode=000)
proc on /proc/sys type proc (ro,nosuid,nodev,noexec,relatime)
proc on /proc/sysrq-trigger type proc (ro,nosuid,nodev,noexec,relatime)
proc on /proc/irq type proc (ro,nosuid,nodev,noexec,relatime)
proc on /proc/bus type proc (ro,nosuid,nodev,noexec,relatime)
tmpfs on /proc/kcore type tmpfs (rw,nosuid,mode=755)
```

busybox镜像虽然小巧，但包括了大量常见的Linux命令，读者可以用它快速熟悉Linux命令。

## 9.2 Alpine

Alpine操作系统是一个面向安全的轻型Linux发行版。它不同于通常的Linux发行版，Alpine采用了musl libc和BusyBox以减小系统的体积和运行时资源消耗，但功能上比BusyBox又完善得多，因此得到开源社区越来越多的青睐。在保持瘦身的同时，Alpine还提供了自己的包管理工具apk，可以通过<https://pkgs.alpinelinux.org/packages>查询包信息，也可以通过apk命令直接查询和安装各种软件。



Alpine是由非商业组织维护的支持广泛场景的Linux发行版，它特别为资深/重度Linux用户而优化，关注安全、性能和资源效能。Alpine镜像适用于更多常用场景，并且是一个优秀的可以适用于生产的基础系统/环境。

Alpine Docker镜像也继承了Alpine Linux发行版的这些优势。相比于其他Docker镜像，它的容量非常小，仅仅只有5MB左右（Ubuntu系列镜像接近200MB），且拥有非常友好的包管理机制。官方镜像来自docker-alpine项目。

目前Docker官方已开始推荐使用Alpine替代之前的Ubuntu作为基础镜像环境。这样会带来多个好处，包括镜像下载速度加快，镜像安全性提高，主机之间的切换更方便，占用更少磁盘空间等。

表9-1是官方镜像的大小比较。

表9-1 官方镜像大小比较

REPOSITORY	TAG	IMAGE ID	VIRTUAL SIZE
alpine	latest	4e38e38c8ce0	4.799MB
debian	latest	4d6ce913b130	84.98MB
ubuntu	latest	b39b81afc8ca	188.3MB
centos	latest	8efe422e6104	210MB

## 1.使用官方镜像

由于镜像很小，下载时间往往很短，可以使用`docker run`指令直接运行一个alpine容器，并指定运行的Linux指令，例如：

```
$ docker run alpine echo '123'
123
```

笔者使用`time`工具测试在本地没有提前pull镜像的情况下，执行`echo`命令的时间，仅需要3秒左右。

```
$ time docker run alpine echo '123'Unable to find image 'alpine:latest' locallylatest:
  Pulling from library/alpine
e110a4a17941: Pull completeDigest: sha256:3dcdb92d7432d56604d4545cbd324b14e647b
313626d99b889d0626de158f73aStatus: Downloaded newer image for alpine:latest123
real 0m3.367s user 0m0.040s sys 0m0.007s
```

## 2.迁移至Alpine基础镜像

目前，大部分Docker官方镜像都已经支持Alpine作为基础镜像，因此可以很容易地进行迁移。

例如：

```
ubuntu/debian -> alpine
python:2.7 -> python:2.7-alpine
ruby:2.3 -> ruby:2.3-alpine
```



另外，如果使用Alpine镜像替换Ubuntu基础镜像，安装软件包时需要用apk包管理器替换apt工具，如

---

```
$ apk add --no-cache <package>
```

---

Alpine中软件安装包的名字可能会与其他发行版有所不同，可以在<https://pkgs.alpinelinux.org/packages>网站搜索并确定安装包的名称。如果需要的安装包不在主索引内，但是在测试或社区索引中，那么可以按照以下方法使用这些安装包：

---

```
$ echo "http://dl-4.alpinelinux.org/alpine/edge/testing" >> /etc/apk/repositories
$ apk --update add --no-cache <package>
```

---

## 9.3 Debian/Ubuntu

Debian和Ubuntu都是目前较为流行的Debian系的服务器操作系统，十分适合研发场景。Docker Hub上提供了官方镜像，国内各大容器云服务也基本都提供了相应的支持。

### 1. Debian系统简介及使用

Debian是由GPL和其他自由软件许可协议授权的自由软件组成的操作系统，由Debian Project组织维护。Debian计划是一个独立、分散的组织，由3000个志愿者组成，接受世界多个非盈利组织的资金支持，Software in the Public Interest提供支持并持有商标作为保护机构。Debian以其坚守Unix和自由软件的精神，以及给予用户的众多选择而闻名。现在Debian包括了超过25000个软件包并支持12个计算机系统结构。



**debian**

作为一个大的系统组织框架，Debian下面有多种不同操作系统核心的分支计划，主要为采用Linux核心的Debian GNU/Linux系统，其他还有采用GNU Hurd核心的Debian GNU/Hurd系统、采用FreeBSD核心的Debian GNU/kFreeBSD系统，以及采用NetBSD核心的Debian GNU/NetBSD系统，甚至还有利用Debian的系统架构和工具，采用OpenSolaris核心构建而成的Nexenta OS系统。在这些Debian系统中，以采用Linux核心的Debian GNU/Linux最为著名。

众多的Linux发行版，例如Ubuntu、Knoppix和Linspire及Xandros等，都基于Debian GNU/Linux。

可以使用docker search搜索Docker Hub，查找Debian镜像，结果如下所示：

---

```
$ docker search debian
NAME                DESCRIPTION          STARS     OFFICIAL   AUTOMATED
debian              Debian is...         1565      [OK]
neurodebian         NeuroDebian...       26        [OK]
armbuild/debian     port of debian 8     [OK]
...
```

---

官方提供了大家熟知的debian镜像以及面向科研领域的neurodebian镜像。

可以使用docker run直接运行debian镜像：

---

```
$ docker run -it debian bash
root@668e178d8d69:/# cat /etc/issue
Debian GNU/Linux 8
```

---

debian镜像很适合作为基础镜像，用于构建自定义镜像。

## 2.Ubuntu系统简介及使用

Ubuntu是一个以桌面应用为主的GNU/Linux操作系统，其名称来自非洲南部祖鲁语或豪萨语的“ubuntu”一词。Ubuntu意思是“人性”以及“我的存在是因为大家的存在”，是非洲的一种传统价值观。Ubuntu基于Debian发行版和GNOME/Unity桌面环境，与Debian的不同在于它每6个月会发布一个新版本，每2年会推出一个长期支持（Long Term Support, LTS）版本，一般支持3年。



**ubuntu**

Ubuntu相关的镜像有很多，在Docker Hub上使用-s 10参数进行搜索，只搜索那些被收藏10次以上的镜像：

---

```
$ docker search -s 10 ubuntu
```

NAME	DESCRIPTION	STARS	OFFICIAL	AUTOMATED
ubuntu	Official Ubuntu base image	840		[OK]
Dockerfile/ubuntu	Trusted automated Ubuntu (http://www.ubuntu.com/)	30		[OK]
crashsystems/gitlab-docker	A trusted, regularly updated build of GitLab	20		[OK]
sylvainlasnier/memcached	This is a Memcached 1.4.14 docker images build	16		[OK]
ubuntu-upstart	Upstart is an event-based replacement for SysV	16		[OK]
mbentley/ubuntu-django-uwsgi-nginx	Ubuntu 14.04 LTS with Django, uwsgi, and nginx	16		[OK]
ansible/ubuntu14.04-ansible	Ubuntu 14.04 LTS with ansible	15		[OK]
clue/ttrss	The Tiny Tiny RSS feed reader allows you to read	14		[OK]
Dockerfile/ubuntu-desktop	Trusted automated Ubuntu Desktop (LXDE) (https://	14		[OK]
tutum/ubuntu	Ubuntu image with SSH access. For the root user	12		[OK]

---

注意，Docker 1.12版本中已经不支持--stars参数了，可以使用-f stars=N参数。

根据搜索出来的结果，读者可以自行选择下载镜像并使用。

下面以Ubuntu 14.04为例，演示如何使用该镜像安装一些常用软件。

首先使用-ti参数启动容器，登录bash，查看ubuntu的发行版本号：

---

```
$ docker run -ti ubuntu:14.04 /bin/bash
root@7d93de07bf76:/# lsb_release -a
No LSB modules are available.
Distributor ID: Ubuntu
Description:    Ubuntu 14.04.1 LTS
Release:        14.04
Codename:       trusty
```

---

当试图直接使用apt-get安装一个软件的时候，会提示E: Unable to locate package:

---

```
root@7d93de07bf76:/# apt-get install curl
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
E: Unable to locate package curl
```

---

这并非系统不支持apt-get命令。Docker镜像在制作时为了精简清除了apt仓库信息，因此需要先执行apt-get update命令来更新仓库信息。更新信息后即可成功通过apt-get命令来安装软件：

---

```
root@7d93de07bf76:/# apt-get update
```

---

## 安装curl工具：

---

```
root@7d93de07bf76:/# apt-get install curl -y
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
...
root@7d93de07bf76:/# curl
curl: try 'curl --help' or 'curl --manual' for more information
```

---

## 接下来，再安装apache服务：

---

```
root@7d93de07bf76:/# apt-get install -y apache2
```

---

## 启动这个apache服务，然后使用curl来测试本地访问：

---

```
root@7d93de07bf76:/# service apache2 start
```

---

配合使用-p参数对外映射服务端口，可以允许外来容器访问该服务。

## 9.4 CentOS/Fedora

### 1.CentOS系统简介及使用

CentOS和Fedora都是基于Redhat的常见Linux分支。CentOS是目前企业级服务器的常用操作系统；Fedora则主要面向个人桌面用户。



CentOS（Community Enterprise Operating System，社区企业操作系统）是基于Red Hat Enterprise Linux源代码编译而成的。由于CentOS与Redhat Linux源于相同的代码基础，所以很多成本敏感且需要高稳定性的公司就使用CentOS来替代商业版Red Hat Enterprise Linux。CentOS自身不包含闭源软件。

在Docker Hub上使用docker search命令来搜索标星至少为25的CentOS相关镜像，如下所示：

---

```
$ docker search -f stars=25 centos
```

NAME	DESCRIPTION	STARS	OFFICIAL	AUTOMATED
centos	The official...	2543	[OK]	
jdeathe/centos-ssh		27	[OK]	

---



使用docker run直接运行最新的CentOS镜像，并登录bash:

---

```
$ docker run -it centos bash
[root@43eb3b194d48 /]# cat /etc/redhat-release
CentOS Linux release 7.2.1511 (Core)
```

---

## 2.Fedora系统简介及使用

Fedora是由Fedora Project社区开发，红帽公司赞助的Linux发行版。它的目标是创建一套新颖、多功能并且自由和开源的操作系统。对用户而言，Fedora是一套功能完备的、可以更新的免费操作系统，而对赞助商Red Hat而言，它是许多新技术的测试平台，被认为可用的技术最终会加入到Red Hat Enterprise Linux中。



在Docker Hub上使用docker search命令来搜索标星至少为2的Fedora相关镜像，结果如下：

---

```
$ docker search -f stars=2 fedora
```

NAME	DESCRIPTION	STARS	OFFICIAL
AUTOMATED			
fedora	Official Docker builds of Fedora	433	[OK]
dockingbay/fedora-rust	Trusted build of Rust programming language...	3	[OK]
gluster/gluster-fedora	Official GlusterFS image [ Fedora 21 + Glu...	3	[OK]
startx/fedora	Simple container used for all startx based...	2	[OK]

---

使用docker run命令直接运行Fedora官方镜像，并登录bash：

---

```
$ docker run -it fedora bash
[root@196ca341419b /]# cat /etc/redhat-release
Fedora release 24 (Twenty Four)
```

---

## 9.5 本章小结

本章讲解了典型操作系统镜像的下载和使用。除了官方的镜像之外，在Docker Hub上还有许多第三方组织或个人上传的Docker镜像。读者可以根据具体情况来选择。一般来说注意如下几点：

- 官方镜像体积都比较小，只带有一些基本的组件。精简的系统有利于安全、稳定和高效运行，也适合进行定制。

- 个别第三方镜像（如tutum，已被Docker收购）质量也非常高。这些镜像通常针对某个具体应用进行配置，比如，包含LAMP组件的Ubuntu镜像。

- 出于安全考虑，几乎所有官方制作的镜像都没有安装SSH服务，无法使用用户名和密码直接登录。

后续章节中，笔者将介绍如何创建一个带SSH服务的Docker镜像。

## 第10章 为镜像添加SSH服务

在第一部分中介绍了一些进入容器的办法，比如attach、exec等命令，但是这些命令都无法解决远程管理容器的问题。因此，当读者需要远程登录到容器内进行一些操作的时候，就需要SSH的支持了。

本章将具体介绍如何自行创建一个带有SSH服务的镜像，并详细介绍了两种创建容器的方法：基于docker commit命令创建和基于Dockerfile创建。

## 10.1 基于commit命令创建

Docker提供了docker commit命令，支持用户提交自己对制定容器的修改，并生成新的镜像。命令格式为docker commit CONTAINER[REPOSITORY[: TAG]]。

这里将介绍如何用docker commit命令。笔者以ubuntu: 14.04镜像添加SSH服务的操作流程为例。

### 1.准备工作

首先，使用ubuntu: 14.04镜像来创建一个容器：

```
$ docker run -it ubuntu:14.04 /bin/bash
```

更新apt缓存，并安装openssh-server：

```
root@fc1936ea8ceb:/# apt-get update; apt-get install openssh-server -y
```

### 2.安装和配置SSH服务

选择主流的openssh-server作为服务端：

```
root@fc1936ea8ceb:/# apt-get install openssh-server -y
```

如果需要正常启动SSH服务，则目录/var/run/sshd必须存在。手动创建它，并启动SSH服务：

```
root@fc1936ea8ceb:/# mkdir -p /var/run/sshd
root@fc1936ea8ceb:/# /usr/sbin/sshd -D &
[1] 3254
```

此时查看容器的22端口（SSH服务默认监听的端口），可见此端口已经处于监听状态：

```
root@fc1936ea8ceb:/# netstat -tunlp
Active Internet connections (only servers)
Proto Recv-Q Send-Q Local Address   Foreign Address State    PID/Program name
```

```
tcp        0      0 0.0.0.0:22        0.0.0.0:*        LISTEN -
tcp6       0      0 :::22             :::*              LISTEN -
```

修改SSH服务的安全登录配置，取消pam登录限制：

```
root@fc1936ea8ceb:/# sed -ri 's/session required pam_loginuid.so/#session
required pam_loginuid.so/g' /etc/pam.d/sshd
```

在root用户目录下创建.ssh目录，并复制需要登录的公钥信息（一般为本地主机用户目录下的.ssh/id\_rsa.pub文件，可由ssh-keygen-t rsa命令生成）到authorized\_keys文件中：

```
root@fc1936ea8ceb:/# mkdir root/.ssh
root@fc1936ea8ceb:/# vi /root/.ssh/authorized_keys
```

创建自动启动SSH服务的可执行文件run.sh，并添加可执行权限：

```
root@fc1936ea8ceb:/# vi /run.sh
root@fc1936ea8ceb:/# chmod +x run.sh
```

其中，run.sh脚本内容如下：

```
#!/bin/bash
/usr/sbin/sshd -D
```

最后，退出容器：

```
root@fc1936ea8ceb:/# exit
exit
```

### 3.保存镜像

将所退出的容器用docker commit命令保存为一个新的sshd: ubuntu镜像：

```
$ docker commit fc1 sshd:ubuntu
7aef2cd95fd0c712f022bcff6a4ddeccf20fd693da2b24b04ee1cd3ed3eb6fc
```

使用docker images查看本地生成的新镜像sshd: ubuntu，目前拥有的镜像如下：

---

```
$ docker images
REPOSITORY    TAG       IMAGE ID       CREATED        VIRTUAL SIZE
sshd           ubuntu    7aef2cd95fd0   10 seconds ago 255.2 MB
busybox        latest    e72ac664f4f0   3 weeks ago   2.433 MB
ubuntu         latest    ba5877dc9bec    3 months ago   192.7 MB
```

---

## 4.使用镜像

启动容器，并添加端口映射10022-->22。其中10022是宿主主机的端口，22是容器的SSH服务监听端口：

---

```
$ docker run -p 10022:22 -d sshd:ubuntu /run.sh
3ad7182aa47f9ce670d933f943fdec946ab69742393ab2116bace72db82b4895
```

---

启动成功后，可以在宿主主机上看到容器运行的详细信息：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED   STATUS    PORTS   NAMES
3ad7182aa47f   sshd:ubuntu  "/run.sh"  2 seconds ago  Up 2 seconds  0.0.0.0:10022->22/tcp   focused_ptolemy
```

---

在宿主主机（192.168.1.200）或其他主机上上，可以通过SSH访问10022端口来登录容器：

---

```
$ ssh 192.168.1.200 -p 10022
root@3ad7182aa47f:~#
```

---



## 10.2 使用Dockerfile创建

在第一部分中笔者曾介绍过Dockerfile的基础知识，下面将介绍如何使用Dockerfile来创建一个支持SSH服务的镜像。

### 1.创建工作目录

首先，创建一个sshd\_ubuntu工作目录：

```
$ mkdir sshd_ubuntu
$ ls
sshd_ubuntu
```

在其中，创建Dockerfile和run.sh文件：

```
$ cd sshd_ubuntu/
$ touch Dockerfile run.sh
$ ls
Dockerfile run.sh
```

### 2.编写run.sh脚本和authorized\_keys文件

脚本文件run.sh的内容与上一小节中一致：

```
#!/bin/bash
/usr/sbin/sshd -D
```

在宿主主机上生成SSH密钥对，并创建authorized\_keys文件：

```
$ ssh-keygen -t rsa
...
$ cat ~/.ssh/id_rsa.pub >authorized_keys
```

### 3.编写Dockerfile

下面是Dockerfile的内容及各部分的注释，可以对比上一节中利用docker commit命令创建镜像过程，所进行的操作基本一致：

```
#设置继承镜像
FROM ubuntu:14.04
#提供一些作者的信息
MAINTAINER docker_user (user@docker.com)
```

```
#下面开始运行更新命令
RUN apt-get update
#安装ssh服务
RUN apt-get install -y openssh-server
RUN mkdir -p /var/run/ssh
RUN mkdir -p /root/.ssh
#取消pam限制
RUN sed -ri 's/session required pam_loginuid.so/#session required
    pam_loginuid.so/g' /etc/pam.d/ssh
#复制配置文件到相应位置,并赋予脚本可执行权限
ADD authorized_keys /root/.ssh/authorized_keys
ADD run.sh /run.sh
RUN chmod 755 /run.sh
#开放端口
EXPOSE 22
#设置自启动命令
CMD ["/run.sh"]
```

---

## 4.创建镜像

在ssh\_d\_ubuntu目录下,使用docker build命令来创建镜像。这里需要注意最后还有一个“.”,表示使用当前目录中的Dockerfile:

---

```
$ cd ssh_d_ubuntu
$ docker build -t sshd:Dockerfile .
```

---

如果读者使用Dockerfile创建自定义镜像,那么需要注意的是Docker会自动删除中间临时创建的层,还需要注意每一步的操作和编写的Dockerfile中命令的对应关系。

命令执行完毕后,如果读者可见“Successfully built XXX”字样,则说明镜像创建成功。可以看到,以上命令生成的镜像ID是570c26a9de68。

在本地查看sshd: Dockerfile镜像已存在:

---

```
$ docker images
REPOSITORY    TAG       IMAGE ID       CREATED        VIRTUAL SIZE
sshd          Dockerfile 570c26a9de68   4 minutes ago 246.5 MB
sshd          ubuntu     7aef2cd95fd0   12 hours ago  255.2 MB
busybox       latest     e72ac664f4f0   3 weeks ago   2.433 MB
ubuntu        14.04     ba5877dc9bec   3 months ago  192.7 MB
ubuntu        latest     ba5877dc9bec   3 months ago  192.7 MB
```

---

## 5.测试镜像,运行容器

使用刚才创建的sshd: Dockerfile镜像来运行一个容器。

直接启动镜像,映射容器的22端口到本地的10122端口:

---

```
$ docker run -d -p 10122:22 sshd:Dockerfile
890c04ff8d769b604386ba4475253ae8c21fc92d60083759afa77573bf4e8af1
$ docker ps
```

---

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED
890c04ff8d76	sshd:Dockerfile	"/run.sh"	4 seconds ago
Up 3 seconds	0.0.0.0:10122->22/tcp	high_albattani	

在宿主主机新打开一个终端，连接到新建的容器：

```
$ ssh 192.168.1.200 -p 10122
root@890c04ff8d76:~#
```

效果与上一小节一致，镜像创建成功。

## 10.3 本章小结

在Docker社区中，对于是否需要为Docker容器启用SSH服务一直有争论。

反对方的观点是：Docker的理念是一个容器只运行一个服务。因此，如果每个容器都运行一个额外的SSH服务，就违背了这个理念。另外认为根本没有从远程主机进入容器进行维护的必要。

支持方的观点是：在Docker 1.3版本之前，如果要用attach进入容器，经常容易出现卡死的情况。1.3之后，虽然官方推出了docker exec命令，再从宿主主机进入是没有障碍了，但是如果要从其他远程主机进入容器依然没有更好的解决方案。

笔者认为，这两种说法各有道理，其实是在讨论不同的容器场景：即作为应用容器还是作为系统容器。应用容器行为围绕应用生命周期，较为简单，不需要人工的额外干预；而系统容器则需要支持管理员的登录操作，这个时候，对SSH服务的支持就变得十分必要了。

因此，在Docker推出更加高效、安全的方式对系统容器进行远程操作之前，容器的SSH服务还是比较重要的，而且它对资源的需求不高，同时安全性可以保障。

## 第11章 Web服务与应用

Web服务和应用是目前信息技术领域的热门技术。

本章将重点介绍如何使用Docker来运行常见的Web服务器（包括Apache、Nginx、Tomcat等），以及一些常用应用（LAMP、CMS等）。包括具体的镜像构建方法与使用步骤。

本章会展示两种创建镜像的过程。其中一些操作比较简单的镜像使用Dockerfile来创建，而像Weblogic这样复杂的应用，则使用commit方式来创建，读者可根据自己的需求进行选择。

通过本章的介绍，用户将可以根据自己需求轻松定制Web服务或应用镜像。

## 11.1 Apache

Apache是一个高稳定性的、商业级别的开源Web服务器。目前Apache已经是世界使用排名第一的Web服务器软件。由于其良好的跨平台 and 安全性，Apache被广泛应用在多种平台和操作系统上。作为Apache软件基金会支持的项目，它的开发者社区完善而高效。自1995年发布至今，一直以高标准进行维护与开发。Apache名称源自美国的西南部一个印第安人部落：阿帕奇族，它支持类UNIX和Windows系统。



### 1.使用官方镜像

官方提供了名为httpd的Apache镜像，可以作为基础Web服务镜像。

编写Dockerfile文件，内容如下：

---

```
FROM httpd:2.4
COPY ./public-html /usr/local/apache2/htdocs/
```

---

创建项目目录public-html，并在此目录下创建index.html文件：

---

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <body>
    <p>Hello, Docker!</p>
  </body>
</html>
```

---

构建自定义镜像：

---

```
$ docker build -t apache2-image .
```

构建完成后，使用docker run指令运行镜像：

```
$ docker run -it --rm --name apache-container -p 80:80 apache2-image
```

通过本地的80端口即可访问静态页面，如图11-1所示。

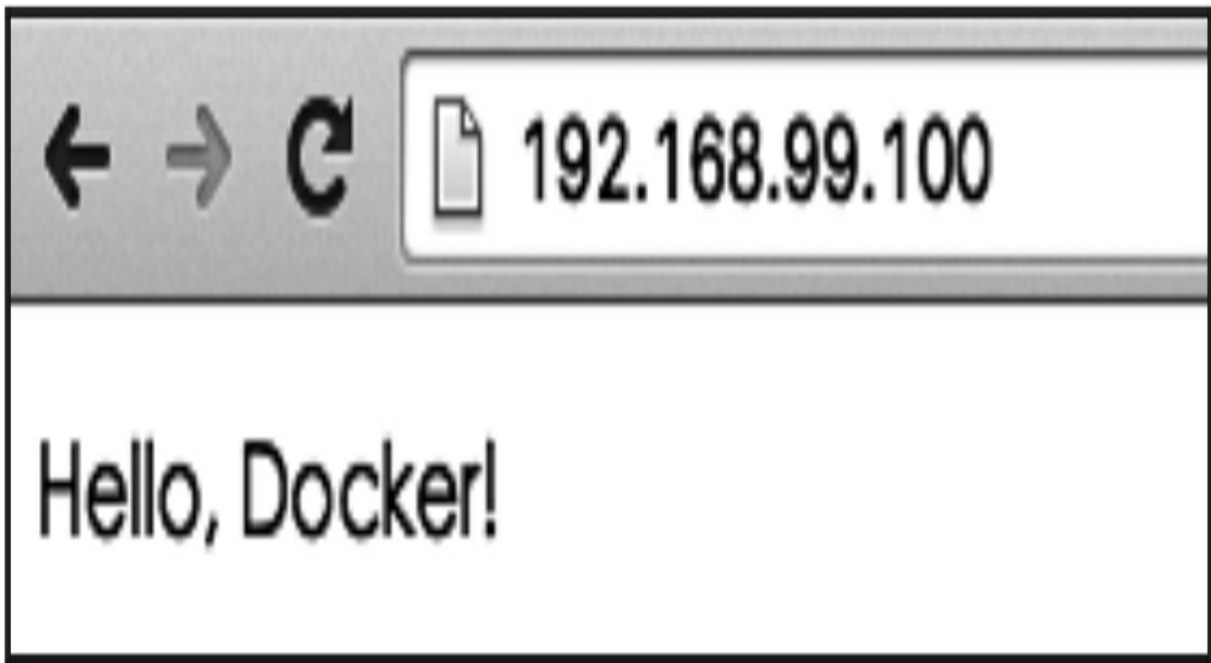


图11-1 Apache运行界面

也可以不创建自定义镜像，直接通过映射目录方式运行Apache容器：

```
$ docker run -it --rm --name my-apache-app -p 80:80 -v "$PWD":/usr/local/apache2/htdocs/ httpd:2.4
```

再次打开浏览器，可以再次看到页面输出。

## 2.使用自定义镜像

首先，创建一个apache\_ubuntu工作目录，在其中创建Dockerfile文

件、run.sh文件和sample目录：

```
$ mkdir apache_ubuntu && cd apache_ubuntu
$ touch Dockerfile run.sh
$ mkdir sample
```

下面是Dockerfile的内容和各个部分的说明：

```
FROM sshd:Dockerfile
#设置继承自用户创建的sshd镜像
MAINTAINER docker_user (user@docker.com)
#创建者的基本信息
#设置环境变量，所有操作都是非交互式的
ENV DEBIAN_FRONTEND noninteractive
#安装
RUN apt-get -yq install apache2&&\
    rm -rf /var/lib/apt/lists/*
RUN echo "Asia/Shanghai" > /etc/timezone && \
    dpkg-reconfigure -f noninteractive tzdata
#注意这里要更改系统的时区设置，因为在web应用中经常会用到时区这个系统变量，默认的ubuntu
?会让你的应用程序发生不可思议的效果哦
#添加用户的脚本，并设置权限，这会覆盖之前放在这个位置的脚本
ADD run.sh /run.sh
RUN chmod 755 /*.sh
#添加一个示例的web站点，删掉默认安装在apache文件夹下面的文件，并将用户添加的示例用软链接
?链到/var/www/html目录下面
RUN mkdir -p /var/lock/apache2 &&mkdir -p /app && rm -fr /var/www/html && ln -s
    /app /var/www/html
COPY sample/ /app
#设置apache相关的一些变量，在容器启动的时候可以使用-e参数替代
ENV APACHE_RUN_USER www-data
ENV APACHE_RUN_GROUP www-data
ENV APACHE_LOG_DIR /var/log/apache2
ENV APACHE_PID_FILE /var/run/apache2.pid
ENV APACHE_RUN_DIR /var/run/apache2
ENV APACHE_LOCK_DIR /var/lock/apache2
ENV APACHE_SERVERADMIN admin@localhost
ENV APACHE_SERVERNAME localhost
ENV APACHE_SERVERALIAS docker.localhost
ENV APACHE_DOCUMENTROOT /var/www
EXPOSE 80
WORKDIR /app
CMD ["/run.sh"]
```

此sample站点的内容为输出Hello Docker！。然后在sample目录下创建index.html文件，内容如下：

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <body>
    <p>Hello, Docker!</p>
  </body>
</html>
```

run.sh脚本内容也很简单，只是启动apache服务：

```
$ cat run.sh
#!/bin/bash
exec apache2 -D FOREGROUND
```

此时，apache\_ubuntu目录下面的文件结构为：



```
$ tree .
.
|-- Dockerfile
|-- run.sh
|-- sample
   |-- index.html
1 directory, 3 files
```

---

下面，用户开始创建apache: ubuntu镜像：

使用docker build命令创建apache: ubuntu镜像，注意命令最后的“.”。

---

```
$ docker build -t apache:ubuntu .
```

---

下面开始使用docker run指令测试镜像。可以使用-P参数映射需要开放的端口（22和80端口）：

---

```
$ docker run -d -P apache:ubuntu
64681e2ae943f18eae9f599dbc43b5f44d9090bdca3d8af641d7b371c124acfd
$ docker ps -a
CONTAINER ID        IMAGE               COMMAND             CREATED             STATUS
PORTS
64681e2ae943        apache:ubuntu      "/run.sh"          2 seconds ago
Up 1 seconds        0.0.0.0:49171->22/tcp, 0.0.0.0:49172->80/tcp
naughty_poincare
890c04ff8d76        sshd:Dockerfile    "/run.sh"          9 hours ago
Exited (0) 3 hours ago 0.0.0.0:101->22/tcp  high_albattani
3ad7182aa47f        sshd:ubuntu        "/run.sh"          21 hours ago
Exited (0) 3 hours ago 0.0.0.0:100->22/tcp  focused_ptolemy
```

---

在本地主机上用curl抓取网页来验证刚才创建的sample站点：

---

```
$ curl 127.0.0.1:49172
Hello Docker!
```

---

读者也可以在其他设备上通过访问宿主主机ip: 49172来访问sample站点。

不知道有没有细心的读者发现，在apache镜像的Dockerfile中只用EXPOSE定义了对外开放的80端口，而在docker ps-a命令的返回中，却看到新启动的容器映射了两个端口：22和80。

但是实际上，当尝试使用SSH登录到容器时，会发现无法登录。这是因为在run.sh脚本中并未启动SSH服务。这说明在使用Dockerfile创建镜像时，会继承父镜像的开放端口，但却不会继承启动命令。因此，需要在run.sh脚本中添加启动sshd的服务的命令：

---

```
$ cat run.sh
#!/bin/bash
/usr/sbin/sshd &
exec apache2 -D FOREGROUND
```

---

再次创建镜像：

---

```
$ docker build -t apache:ubuntu .
```

---

这次创建的镜像，将默认会同时启动SSH和Apache服务。

下面，来看看如何映射本地目录。可以通过映射本地目录的方式，来指定容器内Apache服务响应的内容，例如映射本地主机上当前目录下的www目录到容器内的/var/www目录：

---

```
$ docker run -i -d -p 80:80 -p 103:22 -e APACHE_SERVERNAME=test -v `pwd`/www:/var/www:ro apache:ubuntu
```

---

在当前目录内创建www目录，并放上自定义的页面index.html，内容如下：

---

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//IETF//DTD HTML 2.0//EN">
<html><head>
<title>Hi Docker</title>
</head><body>
<h1>Hi Docker</h1>
<p>This is the first day I meet the new world.</p>
<p>How are you?</p>
<hr>
<address>Apache/2.4.7 (Ubuntu) Server at 127.0.0.1 Port 80</address>
</body></html>
```

---

在本地主机上可访问测试容器提供的Web服务，查看获取内容为新配置的index.html页面信息。

## 11.2 Nginx

Nginx是一款功能强大的开源反向代理服务器，支持HTTP、HTTPS、SMTP、POP3、IMAP等协议。它也可以作为负载均衡器、HTTP缓存或Web服务器。Nginx一开始就专注于高并发和高性能的应用场景。它使用类BSD开源协议，支持Linux、BSD、Mac、Solaris、AIX等类Unix系统，同时也有Windows上的移植版本。



本节将介绍Nginx官方镜像的使用。

### 1.使用官方镜像

用户可以使用docker run指令直接运行官方Nginx镜像：

---

```
$ docker run -d -p 80:80 --name webserver nginx
34bcd01998a76f67b1b9e6abe5b7db5e685af325d6fafb1acd0ce84e81e71e5d
```

---

然后使用docker ps指令查看当前运行的docker ps指令查看当前运行的容器：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID IMAGE COMMAND CREATED STATUS PORTS NAMES
34bcd01998a7 nginx "nginx..." 2min ago Up 0.0.0.0:80->80/tcp, 443/tcp webserver
```

---

目前Nginx容器已经在0.0.0.0: 80启动，并映射了80端口，此时可以打开浏览器访问此地址，就可以看到Nginx输出的页面，如图11-2所示。

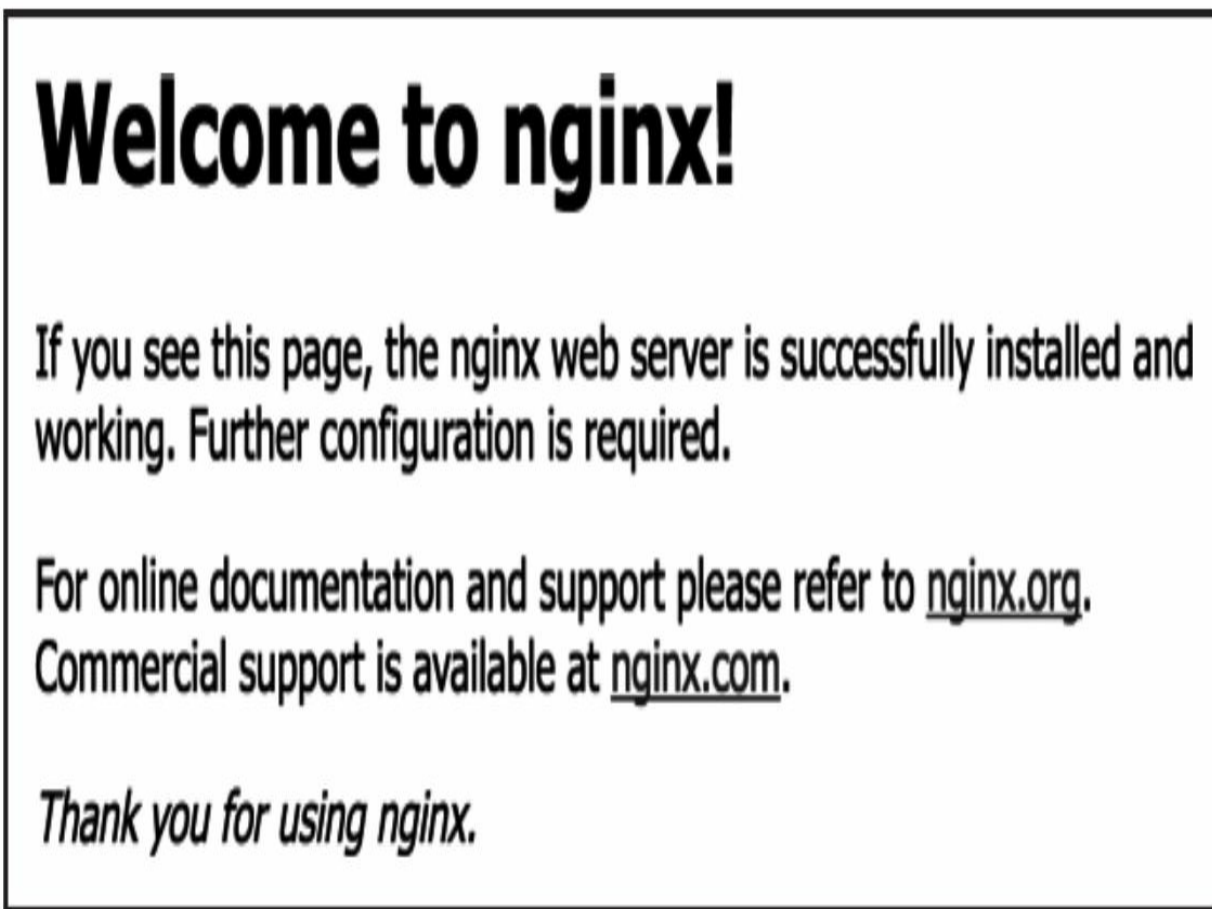


图11-2 访问Nginx服务

## 2.自定义Web页面

同样的，创建index.html文件，并将index.html文件挂载至容器中，即可看到显示自定义的页面。

---

```
$ docker run --name nginx-container -p 80:80 -v index.html:/usr/share/nginx/html:ro -d nginx
```

---

另外，也可以使用Dockerfile来构建新镜像。Dockerfile内容如下：

---

```
FROM nginx
COPY ./index.html /usr/share/nginx/html
```

---

开始构建镜像my-nginx:

---

```
$ docker build -t my-nginx .
```

---

构建成功后执行docker run指令:

---

```
$ docker run --name nginx-container -d my-nginx
```

---

## 11.3 Tomcat

Tomcat是由Apache软件基金会下属的Jakarta项目开发的一个Servlet容器，按照Sun Microsystems提供的技术规范，实现了对Servlet和Java Server Page（JSP）的支持。同时，它提供了作为Web服务器的一些特有功能，如Tomcat管理和控制平台、安全域管理和Tomcat阀等。由于Tomcat本身也内含了一个HTTP服务器，也可以当作一个单独的Web服务器来使用。下面介绍如何定制Tomcat镜像。



**TOMCAT**

首先，尝试在Docker Hub上搜索已有的Tomcat相关镜像的个数：

```
$ docker search tomcat |wc -l
285
```

可以看到，已经有285个相关镜像。如是个人开发或测试，可以随意选择一个镜像，按照提示启动应用即可。

下面以Tomcat 7.0为例介绍定制Tomcat镜像的步骤。

## 1.准备工作

创建tomcat7.0\_jdk1.6文件夹，从www.oracle.com网站上下载sun\_jdk 1.6压缩包，解压为jdk目录。

创建Dockerfile和run.sh文件：

```
$ mkdir tomcat7.0_jdk1.6
$ cd tomcat7.0_jdk1.6/
$ touch Dockerfile run.sh
```

下载Tomcat，可以到官方网站下载最新的版本，也可以直接使用下面链接中给出的版本：

```
$ wget http://mirror.bit.edu.cn/apache/tomcat/tomcat-7/v7.0.56/bin/apache-tomcat-7.0.56.zip
```

解压后，tomcat7.0\_jdk1.6目录结构应如下所示（多余的压缩包文件已经被删除）：

```
$ ls
Dockerfile  apache-tomcat-7.0.56  jdk  run.sh
```

## 2.Dockerfile文件和其他脚本文件

Dockerfile文件内容如下：

```
FROM sshd:Dockerfile
#设置继承自用户创建的sshd镜像
MAINTAINER docker_user (user@docker.com)
```



```
#下面是一些创建者的基本信息
#设置环境变量，所有操作都是非交互式的
ENV DEBIAN_FRONTEND noninteractive
#注意这里要更改系统的时区设置
RUN echo "Asia/Shanghai" > /etc/timezone && \
    dpkg-reconfigure -f noninteractive tzdata
#安装跟tomcat用户认证相关的软件
RUN apt-get install -yq --no-install-recommends wget pwgen ca-certificates && \
    apt-get clean && \
    rm -rf /var/lib/apt/lists/*
#设置tomcat的环境变量，若读者有其他的环境变量需要设置，也可以在这里添加。
ENV CATALINA_HOME /tomcat
ENV JAVA_HOME /jdk
#复制tomcat和jdk文件到镜像中
ADD apache-tomcat-7.0.56 /tomcat
ADD jdk /jdk
ADD create_tomcat_admin_user.sh /create_tomcat_admin_user.sh
ADD run.sh /run.sh
RUN chmod +x /*.sh
RUN chmod +x /tomcat/bin/*.sh
EXPOSE 8080
CMD ["/run.sh"]
```

---

创建tomcat用户和密码脚本文件create\_tomcat\_admin\_user.sh文件，内容为：

---

```
#!/bin/bash
if [ -f /.tomcat_admin_created ]; then
    echo "Tomcat 'admin' user already created"
    exit 0
fi
#generate password
PASS=${TOMCAT_PASS:-$(pwgen -s 12 1)}
_word=$( [ ${TOMCAT_PASS} ] && echo "preset" || echo "random" )
echo "=> Creating and admin user with a ${_word} password in Tomcat"
sed -i -r 's/</tomcat-users>/' $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '<role rolename="manager-gui"/>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '<role rolename="manager-script"/>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '<role rolename="manager-jmx"/>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '<role rolename="admin-gui"/>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '<role rolename="admin-script"/>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '<user username="admin" password="\${PASS}" roles="manager-gui,manager-script,manager-jmx,admin-gui, admin-script"/>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo '</tomcat-users>' >> $CATALINA_HOME/conf/tomcat-users.xml
echo "=> Done!"
touch /.tomcat_admin_created
echo "=====
echo "You can now configure to this Tomcat server using:"
echo ""
echo "    admin:\${PASS}"
echo ""
echo "=====
```

---

编写run.sh脚本文件，内容为：

---

```
#!/bin/bash
if [ ! -f /.tomcat_admin_created ]; then
    /create_tomcat_admin_user.sh
fi
/usr/sbin/sshd -D &
exec $CATALINA_HOME/bin/catalina.sh run
```

---

### 3.创建和测试镜像

通过下面的命令创建镜像tomcat7.0: jdk1.6:

---

```
$ docker build -t tomcat7.0:jdk1.6 .
```

---

启动一个tomcat容器进行测试：

```
$ docker run -d -P tomcat7.0:jdk1.6
3cd4238cb32a713a3a1c29d93fbfc80cba150653b5eb8bd7629bee957e7378ed
```

通过docker logs得到tomcat的密码aBwN0CNCpckw：

```
$ docker logs 3cd
=> Creating and admin user with a random password in Tomcat
=> Done!
=====
You can now configure to this Tomcat server using:
    admin:aBwN0CNCpckw
```

查看映射的端口信息：

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE          COMMAND                  CREATED
STATUS        PORTS          NAMES
3cd4238cb32a   tomcat7.0:jdk1.6  "/run.sh"               4 seconds ago
Up 3 seconds   0.0.0.0:49157->22/tcp, 0.0.0.0:49158->8080/tcp
cranky_wright
```

在本地使用浏览器登录Tomcat管理界面，访问本地的49158端口，即<http://127.0.0.1:49158>，如图11-3所示。



图11-3 Tomcat启动页面

输入从docker logs中得到的密码，如图11-4所示。

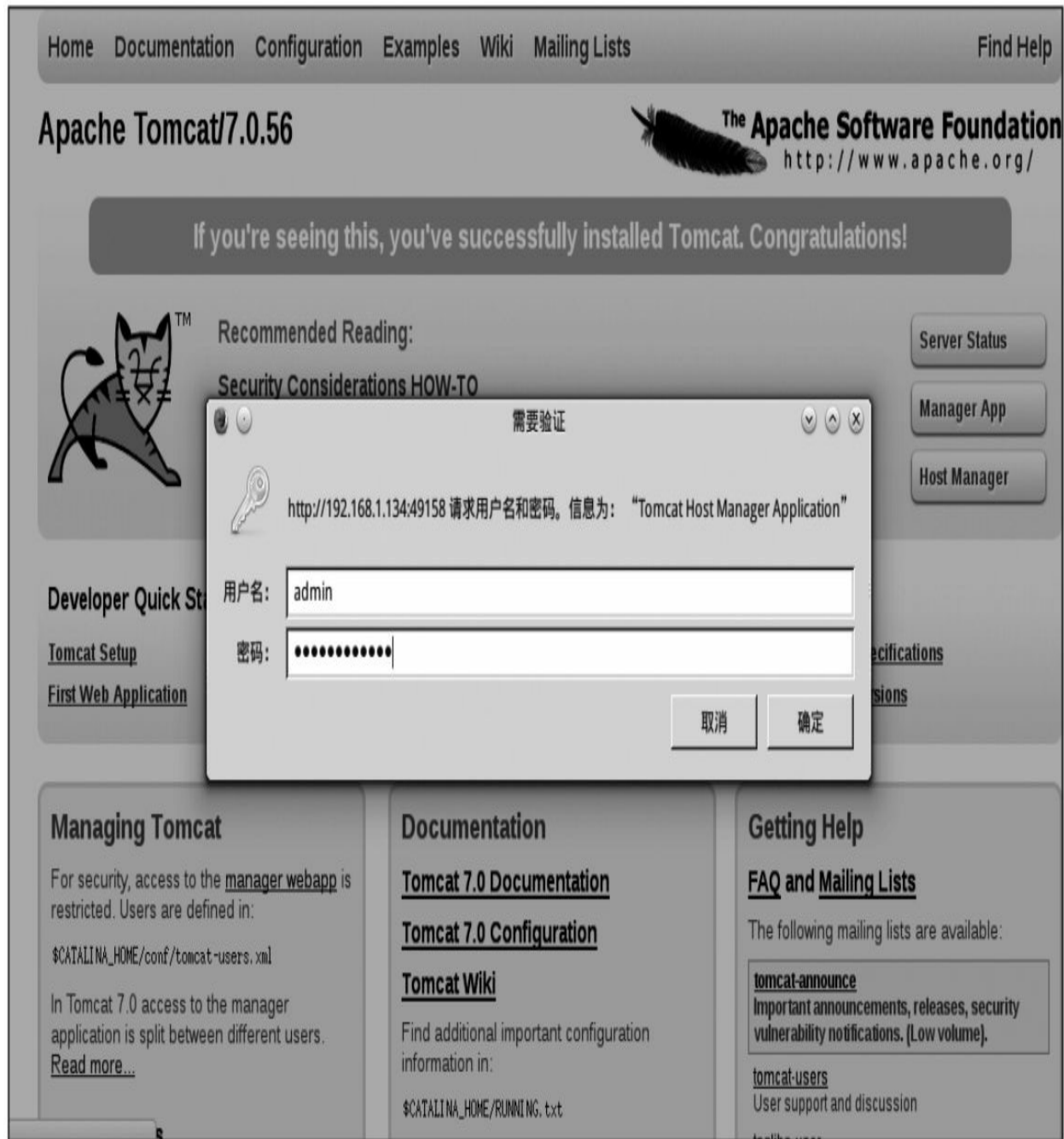




图11-4 Tomcat登录

成功进入管理界面，如图11-5所示。



The Apache  
Software Foundation  
http://www.apache.org/



Tomcat Virtual Host Manager

Message:

OK

Host Manager

<a href="#">List Virtual Hosts</a>	<a href="#">HTML Host Manager Help (TODO)</a>	<a href="#">Host Manager Help (TODO)</a>	<a href="#">Server Status</a>
------------------------------------	---	--	-------------------------------

Host name

Host name	Host aliases	Commands
<a href="#">localhost</a>		Host Manager installed - commands disabled

Add Virtual Host

Host

Name:

Aliases:

App base:

AutoDeploy:

☐

图11-5 Tomcat管理界面



### 注意

在实际环境中，可以通过使用-v参数来挂载Tomcat的日志文件、程序所在目录、以及与Tomcat相关的配置。

## 11.4 Jetty

Jetty是一个优秀的开源Servlet容器，以其高效、小巧、可嵌入式等优点深得人心，它为基于Java的Web内容（如JSP和Servlet）提供运行环境。Jetty基于Java语言编写，它的API以一组JAR包的形式发布。开发人员可以将Jetty容器实例化成一个对象，可以迅速为一些独立运行的Java应用提供Web服务。



相对老牌的Tomcat，Jetty架构更合理，性能更优。尤其在启动速度上，让Tomcat望尘莫及。Jetty目前在国内外互联网企业中应用广泛。

DockerHub官方提供了Jetty镜像，直接运行docker run指令即可：

```
$ docker run -d jetty
```

使用docker ps指令查看正在运行中的jetty容器：

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE      COMMAND                  CREATED    STATUS    PORTS      NAMES
f7fd70f2773   jetty     "/docker-entrypoint.b"  x ago     Up       8080/tcp   lonely_poitras
```

当然，还可以使用-p参数映射运行端口：

---

```
$ docker run -d -p 80:8080 -p 443:8443 jetty  
7bc629845e8b953e02e31caaac24744232e21816dcf81568c029eb8750775733
```

---

使用宿主机的浏览器访问container-ip:8080，即可获得Jetty运行页面，由于当前没有内容，会提示错误信息。

## 11.5 LAMP

LAMP（Linux-Apache-MySQL-PHP）是目前流行的Web工具栈，其中包括：Linux操作系统，Apache网络服务器，MySQL数据库，Perl、PHP或者Python编程语言。其组成工具均是成熟的开源软件，被大量网站所采用。和Java/J2EE架构相比，LAMP具有Web资源丰富、轻量、快速开发等特点；和微软的.NET架构相比，LAMP更具有通用、跨平台、高性能、低价格的优势。因此LAMP无论是在性能、质量还是价格方面都是企业搭建网站的首选平台。





提示

现在也有人用Nginx替换Apache，称为LNMP或LEMP，但并不影响整个框架的选型原则，是彼此十分类似的技术栈。

可以使用自定义Dockerfile或者Compose方式运行LAMP，同时社区

也提供了十分成熟的linode/lamp和tutum/lamp镜像。下面介绍后两种方法。

## 1.使用linode/lamp镜像

首先，执行docker run指令，直接运行镜像，并进入容器内部bash shell:

```
$ docker run -p 80:80 -t -i linode/lamp /bin/bash
root@e283cc3b2908:/#
```

在容器内部shell启动apache以及mysql服务:

```
$ root@e283cc3b2908:/# service apache2 start
* Starting web server apache2
$ root@e283cc3b2908:/# service mysql start
* Starting MySQL database server mysqld [ OK ]
* Checking for tables which need an upgrade, are corrupt or were not closed cleanly.
```

此时镜像中apache、mysql服务已经启动，可使用docker ps指令查看运行中的容器:

```
$ docker ps -a
CONTAINER ID   IMAGE          COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS
NAME          e283cc3b2908  linode/lamp            "/bin/bash"    x ago        Up x seconds  0.0.0.0:80->80/tcp
trusting_mestorf
```

此时通过浏览器访问本地80端口即可看到默认页面。

## 2.使用tutum/lamp镜像

首先，执行docker run指令，直接运行镜像:

```
$ docker run -d -p 80:80 -p 3306:3306 tutum/lamp
```

容器启动成功后，打开浏览器，访问demo页面:



图11-6 LAMP容器Demo页面

## 11.6 CMS

内容管理系统（Content Management System，CMS）指的是提供内容编辑服务的平台程序。CMS可以让不懂编程的用户方便又轻松地发布、更改和管理各类数字内容（主要以文本和图像为主）。

下面，笔者将以Wordpress和Ghost两个流行的CMS软件为例，介绍如何制作和使用对应的Docker镜像。

### 11.6.1 WordPress

WordPress是风靡全球的开源内容管理系统，是博客、企业官网、产品首页等内容相关平台的主流实现方案之一。类似项目还有Drupal、Joomla、Typo3等。



WordPress基于PHP和MySQL，架构设计简单明了，支持主题，插件和各种功能模块。更重要的是，WordPress拥有庞大的社区，在线资源非常丰富，并且在各大网络空间商和云平台中受到广泛的支持。根据2013年8月的统计数据，流量排名前一千万的网站中其使用率高达22%。

## 1.使用官方镜像

首先，通过Docker Hub下载官方wordpress镜像：

---

```
$ docker pull wordpress
```

---

然后，就可以创建并运行一个wordpress容器，并连接到mysql容器：

---

```
$ docker run --name some-wordpress --link some-mysql:mysql -d wordpress
```

---

同样，用户可以使用-p参数来进行端口映射：

---

```
$ docker run --name some-wordpress --link some-mysql:mysql -p 8080:80 -d wordpress
```

---

启动成功后，可在浏览器中访问<http://localhost:8080>来打开WordPress页面。

## 2.使用Compose搭建WordPress应用

可以使用Compose来一键搭建WordPress应用。

首先，新建docker-compose.yml文件：

---

```
wordpress:
  image: wordpress
  links:
    - db:mysql
  ports:
    - 8080:80
db:
  image: mariadb
  environment:
    MYSQL_ROOT_PASSWORD: example
```

---

然后执行：

---

```
$ docker-compose up
```

---



提示

如果提示没有docker-compose命令，可以通过`pip install docker-compose`来在线安装。

待服务启动后，即可打开浏览器访问本地80端口打开WordPress配置界面，如图11-7所示。



## Welcome

Welcome to the famous five-minute WordPress installation process! Just fill in the information below and you'll be on your way to using the most extendable and powerful personal publishing platform in the world.

## Information needed

Please provide the following information. Don't worry, you can always change these settings later.

Site Title

Username

Usernames can have only alphanumeric characters, spaces, underscores, hyphens, periods, and the @ symbol.

Password

Strong

Hide

**Important:** You will need this password to log in. Please store it in a secure location.

Your Email

Double-check your email address before continuing.

Search Engine  
Visibility

☐ Discourage search engines from indexing this site

It is up to search engines to honor this request.

Install WordPress



图11-7 WordPress容器启动页面

## 11.6.2 Ghost

Ghost是一个广受欢迎的开源博客平台，使用JavaScript编写，以MIT协议发布。它的设计非常简约，使用起来体验优异，非常适合做内容发布，故而受到很多极客或技术工作者的喜爱。



读者可以直接使用Docker Hub提供的官方Ghost镜像。直接使用docker run指令运行：

---

```
$ docker run --name ghost-container -d ghost
```

---

至此已经成功启动了一个Ghost容器，如图11-8所示，内含Ghost实例并监听默认的2368服务端口。当然可以对服务进行端口映射，如下所示：

---

```
$ docker run --name ghost-container-1 -p 8080:2368 -d ghost  
df116b7d570b3456950f4d7c22ff6911124427d16635080817e884922b491a2d
```

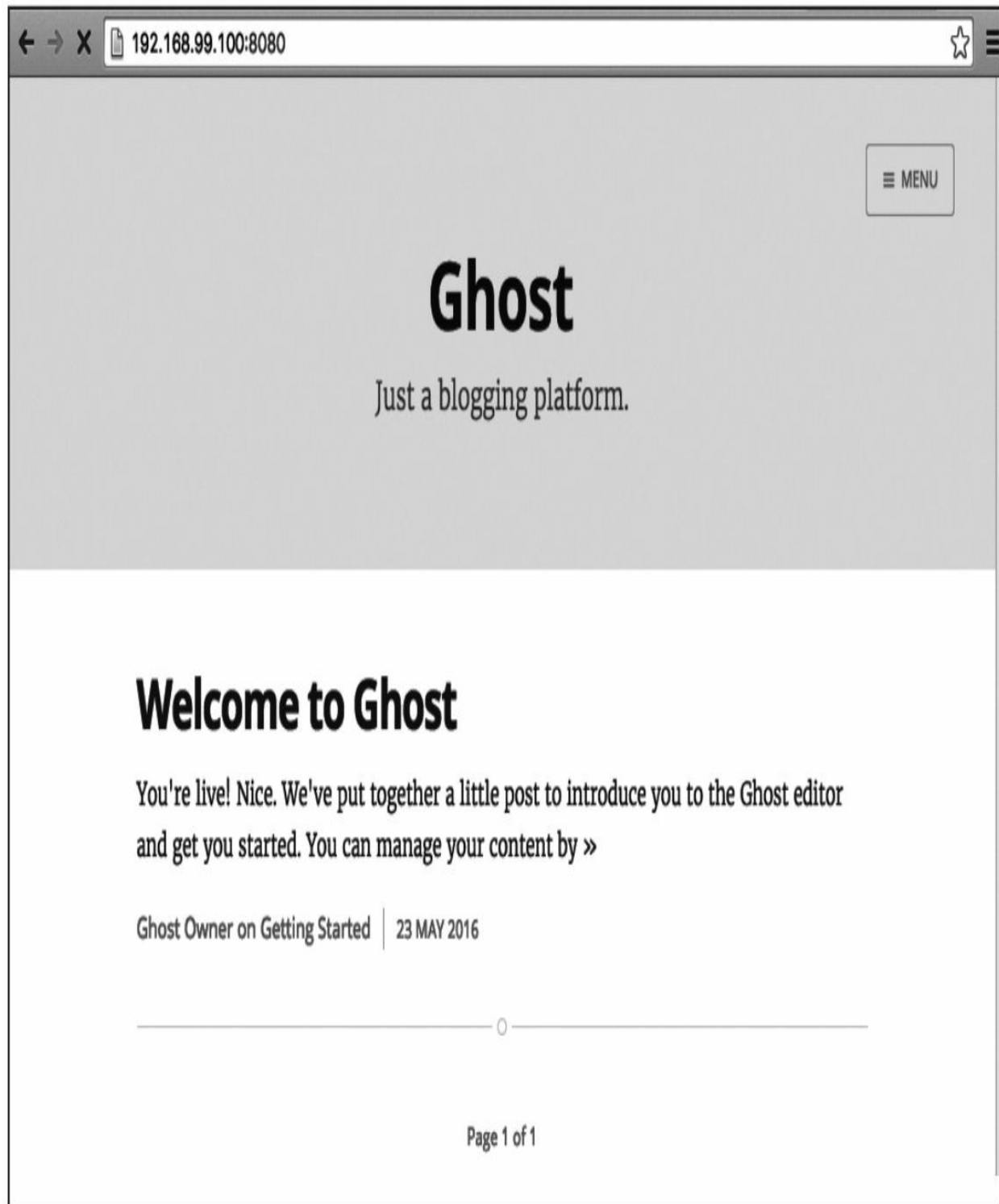


图11-8 Ghost容器启动页面

读者还可以挂载已有的内容到Ghost容器内：

---

```
$ docker run --name some-ghost -v /path/to/ghost/blog:/var/lib/ghost ghost
```

---

## 11.7 持续开发与管理

信息行业日新月异，如何响应不断变化的需求，快速适应和保证软件的质量？持续集成（Continuous integration, CI）正是针对这类问题的一种开发实践，它倡导开发团队定期进行集成验证。集成通过自动化的构建来完成，包括自动编译、发布和测试，从而尽快地发现错误。CI所描述的软件开发是从原始需求识别到最终产品部署整个过程中，需求以小批量形式在团队的各个角色间顺畅流动，能够以较短地周期完成需求的小粒度频繁交付。整个过程中，需求分析、产品的用户体验和交互设计、开发、测试、运维等角色需要密切协作。

持续集成特点包括：从检出代码、编译构建、运行测试、结果记录、测试统计等都是自动完成的，减少人工干预。需要有持续集成系统的支持，包括代码托管机制支持，以及集成服务器等。

持续交付（Continuous delivery, CD）则是经典的敏捷软件开发方法的自然延伸，它强调产品在修改后到部署上线的流程要敏捷化、自动化。甚至一些较小的改变也要今早的部署上线，这跟传统软件在较大版本更新后才上线的思想不同。

### 11.7.1 Jenkins

Jenkins是一个得到广泛应用的持续集成和持续交付的工具。作为开源软件项目，它旨在提供一个开放易用的持续集成平台。Jenkins能实时监控集成中存在的错误，提供详细的日志文件和提醒功能，并用图表的形式形象地展示项目构建的趋势和稳定性。Jenkins特点包括安装配置简单、支持详细的测试报表、分布式构建等。



# Jenkins

自2.0版本，Jenkins推出了Pipeline as Code，帮助Jenkins实现对CI和CD更好的支持。通过Pipeline，将原本独立运行的多个任务连接起来，可以实现十分复杂的发布流程，如图11-9所示。

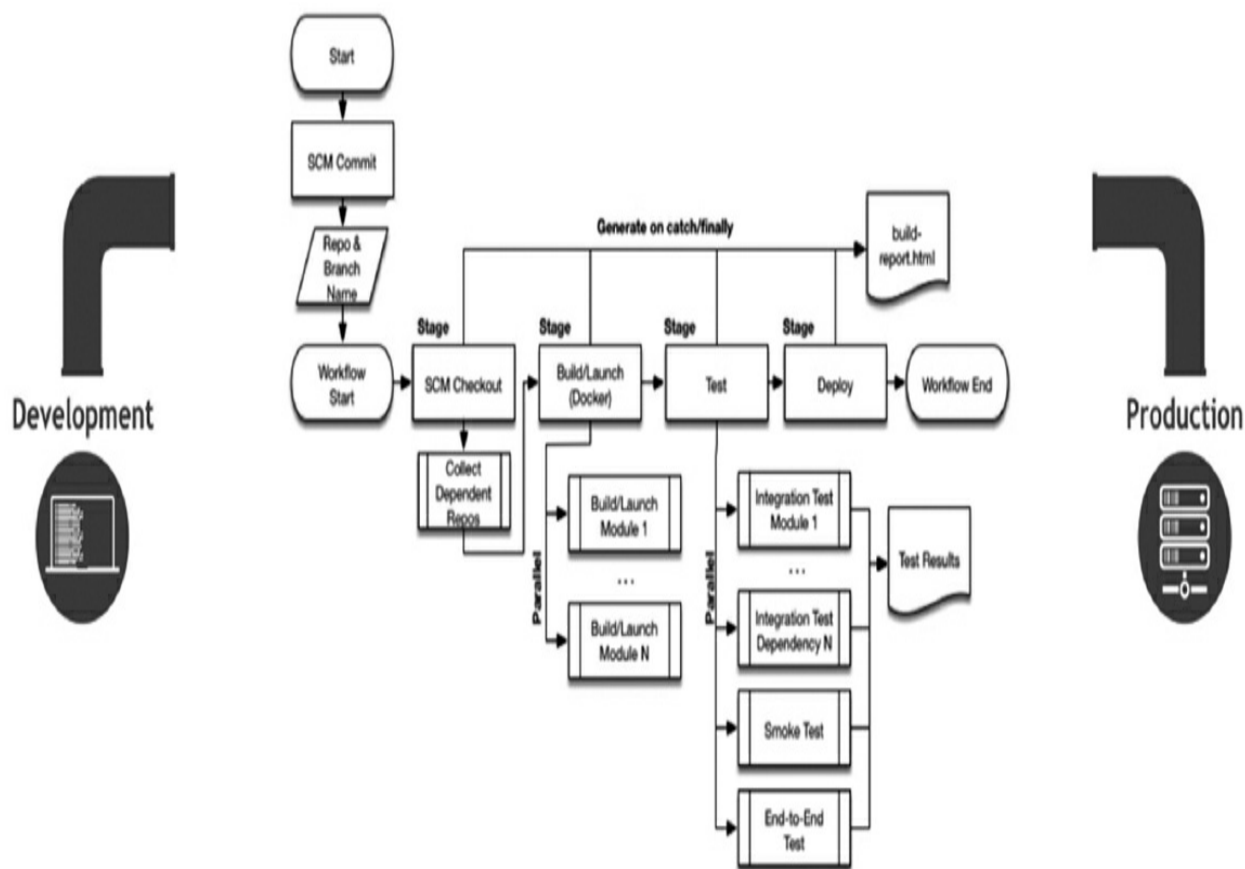


图11-9 Jenkins Pipeline示意图

Jenkins官方在Docker Hub上提供了全功能的基于官方发布版的Docker镜像。读者可以方便地使用docker run指令一键部署Jenkins服务，如下所示：

---

```
$ docker run -p 8080:8080 -p 50000:50000 jenkins
```

---

Jenkins容器启动成功后，可以打开浏览器访问8080端口，查看Jenkins管理界面，如图11-10所示。

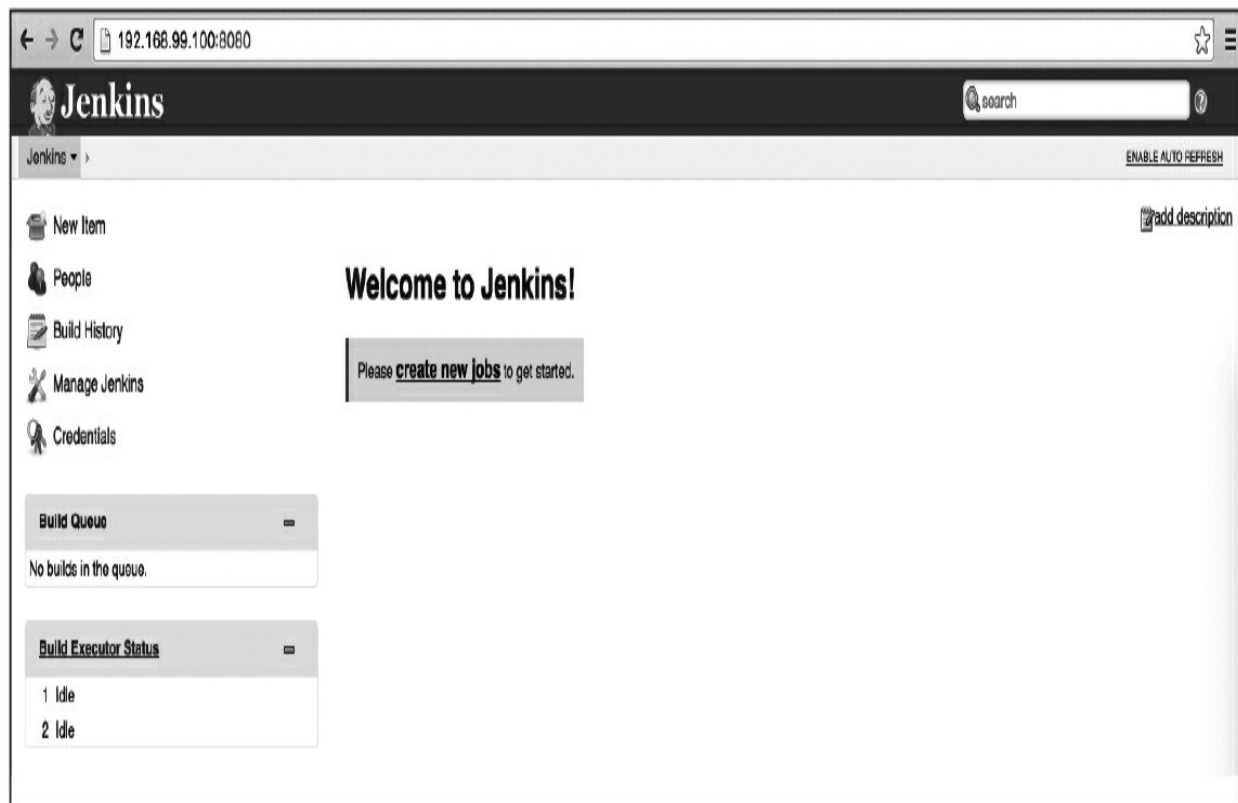


图11-10 Jenkins服务管理界面

目前运行的容器中，数据会存储在工作目录/var/jenkins\_home中，这包括Jenkins中所有的数据，包括插件和配置信息等。如果需要数据持久化，读者可以使用数据卷机制：

---

```
$ docker run -p 8080:8080 -p 50000:50000 -v /your/home:/var/jenkins_home jenkins
```

---

以上指令会将Jenkins数据存储于宿主机的/your/home目录（需要确保/your/home目录对于容器内的Jenkins用户是可访问的）下。当然也可以使用数据卷容器：

---

```
$ docker run --name myjenkins -p 8080:8080 -p 50000:50000 -v /var/jenkins_home jenkins
```

---

## 11.7.2 Gitlab

Gitlab是一款非常强大的开源源码管理系统。它支持基于Git的源码管理、代码评审、issue跟踪、活动管理、wiki页面，持续集成和测试等

功能。基于Gitlab，用户可以自己搭建一套类似Github的开发协同平台。



Gitlab官方提供了社区版本（Gitlab CE）的DockerHub镜像。读者可以直接使用docker run指令运行：

---

```
$ docker run --detach \
  --hostname gitlab.example.com \
  --publish 443:443 --publish 80:80 --publish 23:23 \
  --name gitlab \
  --restart always \
  --volume /srv/gitlab/config:/etc/gitlab \
  --volume /srv/gitlab/logs:/var/log/gitlab \
  --volume /srv/gitlab/data:/var/opt/gitlab \
  gitlab/gitlab-ce:latest
dbae485d24492f656d2baf18526552353cd55aac662e32491046ed7fa033be3a
```

---

成功运行镜像后，读者可以打开浏览器，访问Gitlab服务管理界面，如图11-11所示。





图11-11 Gitlab服务管理界面

## 11.8 本章小结

本章首先介绍了常见的Web服务工具，包括Apache、Nginx、Tomcat、Jetty，以及大名鼎鼎的LAMP组合。之后还对目前流行的内容管理系统、持续开发模式和工具的快速部署进行了讲解。通过这些例子，读者可以快速入门Web开发，并再次体验到基于容器模式的开发和部署模式的强大。

笔者认为，包括Web服务在内的中间件领域十分适合引入容器技术，原因如下：

- 中间件服务器是除数据库服务器外的主要计算节点，很容易成为性能瓶颈，所以通常需要大批量部署，而Docker对于批量部署有着许多先天的优势；

- 中间件服务器结构清晰，在剥离了配置文件、日志、代码目录之后，容器几乎可以处于零增长状态，这使得容器的迁移和批量部署更加方便；

- 中间件服务器很容易实现集群，在使用硬件的F5、软件的Nginx等负载均衡后，中间件服务器集群变得非常容易。

在实践过程中，读者需要注意数据的持久化。对于程序代码、程序的资源目录、日志、数据库文件等需要实时更新的数据一定要通过-v参数映射到宿主主机的目录中来，避免发生数据丢失和带来性能下降。

## 第12章 数据库应用

目前，主流数据库包括关系型（SQL）和非关系型（NoSQL）两种。

关系数据库是建立在关系模型基础上的数据库，借助于集合代数等数学概念和方法来处理数据库中的数据，支持复杂的事物处理和结构化查询。代表实现有MySQL、Oracle、PostgreSQL、MariaDB、SQLServer等。

非关系数据库是新兴的数据库技术，它放弃了传统关系型数据库的部分强一致性限制，带来性能上的提升，使其更适用于需要大规模并行处理的场景。非关系型数据库是关系型数据库的良好补充，代表产品有MongoDB、Redis、CouchDB等。

本章选取了最具代表性的Mysql、Mongodb、Redis、Memcached、CouchDB、Cassandra等数据库软件，来讲解基于Docker创建相关镜像并进行应用的过程。

## 12.1 MySQL

MySQL是全球最流行的开源的开源关系数据库软件之一，因为其高性能、成熟可靠和适应性而得到广泛应用。MySQL目前在不少大规模网站和应用中被使用，比如Facebook、Twitter和Yahoo! 等。



MySQL™

使用官方镜像可以快速启动一个MySQL Server实例，如下所示：

```
$ docker run --name hi-mysql -e MYSQL_ROOT_PASSWORD=123 -d mysql:latest
e6cb906570549812c798b7b3ce46d669a8a4e8ac62a3f3c8997e4c53d16301b6
```

以上指令中的hi-mysql是容器名称，123为数据库的root密码。

使用docker ps指令可以看到现在运行中的容器：

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS        NAMES
e6cb90657054   mysql    "docker-entrypoint.sh"   4 minutes ago Up 3 minutes  3306/tcp    hi-mysql
```

当然，还可以使用--link标签将一个应用容器连接至MySQL容器：

```
$ docker run --name some-app --link some-mysql:mysql -d application-that-uses-mysql
```

MySQL服务的标准端口是3306，用户可以通过CLI工具对配置进行修改：

```
$ docker run -it --link some-mysql:mysql --rm mysql sh -c 'exec mysql -h"$MYSQL_
PORT_3306_TCP_ADDR" -P"$MYSQL_PORT_3306_TCP_PORT" -uroot -p"$MYSQL_ENV_MYSQL_
ROOT_PASSWORD"'
```

官方MySQL镜像还可以作为客户端，连接非Docker或者远程的MySQL实例：

```
$ docker run -it --rm mysql mysql -hsome.mysql.host -usome-mysql-user -p
```

## 1.系统与日志访问

用户可以使用docker exec指令调用内部系统中的bash shell，以访问容器内部系统：

```
$ docker exec -it some-mysql bash
```

MySQL Server日志可以使用docker logs指令查看：

```
$ docker logs some-mysql
```

---

## 2.使用自定义配置文件

如果用户希望使用自定义MySQL配置，则可以创建一个目录，内置cnf配置文件，然后将其挂载至容器的/etc/mysql/conf.d目录。比如，自定义配置文件为/my/custom/config-file.cnf，则可以使用以下指令：

---

```
$ docker run --name some-mysql -v /my/custom:/etc/mysql/conf.d -e MYSQL_ROOT_PASSWORD=my-secret-pw -d mysql:tag
```

---

这是新的容器some-mysql启动后，就会结合使用/etc/mysql/my.cnf和/etc/mysql/conf.d/config-file.cnf两个配置文件。

## 3.脱离cnf文件进行配置

很多的配置选项可以通过标签（flags）传递至mysqld进程。这样用户就可以脱离cnf配置文件，对容器进行弹性的定制。比如，用户需要改变默认编码方式，将所有表格的编码方式修改为uft8mb4，则可以使用以下指令：

---

```
$ docker run --name some-mysql -e MYSQL_ROOT_PASSWORD=my-secret-pw -d mysql:tag --character-set-server=utf8mb4 --collation-server=utf8mb4_unicode_ci
```

---

如果需要查看可用选项的完整列表，可以执行：

---

```
$ docker run -it --rm mysql:tag --verbose --help
```

---

## 12.2 MongoDB

MongoDB是一款可扩展、高性能的开源文档数据库，是当今最流行的NoSQL数据库软件之一。它采用C++开发，支持复杂的数据类型和强大的查询语言，提供了关系数据库的绝大部分功能。由于MongoDB高性能、易部署、易使用等特点，已经在很多领域都得到了广泛的应用。



### 12.2.1 使用官方镜像

用户可以使用docker run指令直接运行官方mongodb镜像：

---

```
$ docker run --name mongo-container -d mongo
ade2b5036f457a6a2e7574fd68cf7a3298936f27280833769e93392015512735
```

---

之后，可以通过docker ps指令查看正在运行的mongo-container容器的容器ID：

---

```
$ docker ps
```

---



CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED	STATUS	PORTS
ade2b5036f45	mongo	"/entrypoint.sh mongo"	1 hours ago	Up 22 hours	27017/tcp
mongo-container					

在此mongo容器启动一个bash进程，并通过mongo指令启动mongod交互命令行，再通过db.stats()指令查看数据库状态：

```
$ docker exec -it ade2b5036f45 sh
# mongo
MongoDB shell version: 3.2.6
connecting to: test
> show dbs
local 0.000GB
> db.stats()
{
  "db" : "test",
  "collections" : 1,
  "objects" : 1,
  "avgObjSize" : 39,
  "dataSize" : 39,
  "storageSize" : 16384,
  "numExtents" : 0,
  "indexes" : 1,
  "indexSize" : 16384,
  "ok" : 1
}
```

这里用户可以通过env指令查看环境变量的配置：

```
root@ade2b5036f45:/bin# env
HOSTNAME=ade2b5036f45
MONGO_VERSION=3.2.6
PATH=/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin
GPG_KEYS=DFFA3DC326E302C4787673A01C4E7FAAB2461C 42F3E95A2C4F08279C4960ADD
68FA50FEA312927
PWD=/bin
SHLVL=1
HOME=/root
MONGO_MAJOR=3.2
MONGO_VERSION=3.2
GOSU_VERSION=1.7
_=/usr/bin/env
OLDPWD=
```

镜像默认暴露了mongod的服务端口：27017，可以通过该端口访问服务。

## 1.连接mongodb容器

使用--link参数，连接新建的mongo-container容器：

```
$ docker run -it --link mongo-container:db alpine sh
/ # ls
```

进入alpine系统容器后，用户可以使用ping指令测试redis容器的连通性：

```
/ # ping db
PING db (172.17.0.5): 56 data bytes
64 bytes from 172.17.0.5: seq=0 ttl=64 time=0.093 ms
64 bytes from 172.17.0.5: seq=1 ttl=64 time=0.104 ms
^C
--- db ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.093/0.098/0.104 ms
```

---

## 2.直接使用mongo cli指令

如果想直接在宿主机上使用mongodb镜像，可以在docker run指令后面加入entrypoint指令，这样就可以非常方便的直接进入mongo cli了。

---

```
$ docker run -it --link mongo-container:db --entrypoint mongo mongo --host db
> db.version();
3.2.6
> db.stats();
{
  "db" : "test",
  "collections" : 0,
  "objects" : 0,
  "avgObjSize" : 0,
  "dataSize" : 0,
  "storageSize" : 0,
  "numExtents" : 0,
  "indexes" : 0,
  "indexSize" : 0,
  "fileSize" : 0,
  "ok" : 1
}
> show dbs
local 0.000GB
```

---

最后，还可以使用--storageEngine参数来设置储存引擎：

---

```
$ docker run --name mongo-container -d mongo --storageEngine wiredTiger
```

---

## 12.2.2 使用自定义Dockerfile

首先是准备工作。新建项目目录，并在根目录新建Dockerfile，内容如下：

---

```
# 设置从用户之前创建的sshd镜像继承。
FROM sshd
MAINTAINER docker_user (user@docker.com)
RUN apt-get update && \
  apt-get install -y mongodb pwgen && \
  apt-get clean && \
  rm -rf /var/lib/apt/lists/*
# 创建mongodb存放数据文件的文件夹
RUN mkdir -p /data/db
VOLUME /data/db
ENV AUTH yes
# 添加脚本
ADD run.sh /run.sh
ADD set_mongodb_password.sh /set_mongodb_password.sh
RUN chmod 755 ./*.sh
EXPOSE 27017
EXPOSE 28017
CMD ["/run.sh"]
```

---

新建set\_mongodb\_password.sh脚本。此脚本主要负责配置数据库的用户名和密码：

```
#!/bin/bash
# 这个脚本主要是用来设置数据库的用户名和密码。
# 判断是否已经设置过密码。
if [ -f /.mongodb_password_set ]; then
    echo "MongoDB password already set!"
    exit 0
fi
/usr/bin/mongod --smallfiles --nojournal &
PASS=${MONGODB_PASS:-$(pwgen -s 12 1)}
_word=$( [ ${MONGODB_PASS} ] && echo "preset" || echo "random" )
RET=1
while [[ RET -ne 0 ]]; do
    echo "=> Waiting for confirmation of MongoDB service startup"
    sleep 5
    mongo admin --eval "help" >/dev/null 2>&1
    RET=$?
done
# 通过docker logs + id可以看到下面的输出。
echo "=> Creating an admin user with a ${_word} password in MongoDB"
mongo admin --eval "db.addUser({user: 'admin', pwd: '$PASS', roles:
    [ 'userAdminAnyDatabase', 'dbAdminAnyDatabase' ]});"
mongo admin --eval "db.shutdownServer();"
echo "=> Done!"
touch /.mongodb_password_set
echo "=====
echo "You can now connect to this MongoDB server using:"
echo ""
echo "    mongo admin -u admin -p $PASS --host <host> --port <port>"
echo ""
echo "Please remember to change the above password as soon as possible!"
echo "=====
```

新建run.sh，此脚本是主要的mongodb启动脚本：

```
#!/bin/bash
if [ ! -f /.mongodb_password_set ]; then
    /set_mongodb_password.sh
fi
if [ "$AUTH" == "yes" ]; then
    # 这里读者可以自己设定Mongodb的启动参数。
    export mongod='/usr/bin/mongod --nojournal --auth --httpinterface --rest'
else
    export mongod='/usr/bin/mongod --nojournal --httpinterface --rest'
fi
if [ ! -f /data/db/mongod.lock ]; then
    eval $mongod
else
    export mongod=$mongod' --dbpath /data/db'
    rm /data/db/mongod.lock
    mongod --dbpath /data/db --repair && eval $mongod
fi
```

第二步，使用docker build指令构建镜像：

```
$ docker build -t mongodb-image .
```

第三步，启动后台容器，并分别映射27017和28017端口到本地：

```
$ docker run -d -p 27017:27017 -p 28017:28017 mongodb
```

通过docker logs来查看默认的admin帐户密码：

---

```
$ docker logs sa9
=====
You can now connect to this MongoDB server using:
  mongo admin -u admin -p 5elsT6KtjrQV --host <host> --port <port>
Please remember to change the above password as soon as possible!
=====
```

---

屏幕输出中的5elsT6KtjrQV就是admin用户的密码。

也可以利用环境变量在容器启动时指定密码：

---

```
$ docker run -d -p 27017:27017 -p 28017:28017 -e MONGODB_PASS="mypass" mongod
```

---

甚至，设定不需要密码即可访问：

---

```
$ docker run -d -p 27017:27017 -p 28017:28017 -e AUTH=no mongod
```

---

同样，读者也可以使用-v参数来映射本地目录到容器。

## 12.3 Redis

Redis是一个开源（BSD许可）的基于内存的数据结构存储系统，  
可以用作数据库、缓存和消息中间件。



Redis使用ANSI C实现，2013年起由Pivotal公司资助。Redis的全称为REmote DIctionary Server。

通过docker run指令可以直接启动一个redis-container容器：

```
$ docker run --name redis-container -d redis
6f7d16f298e9c505f35ae28b61b4015877a5b0b75c60797fa4583429e4a14e24
```

之后可以通过docker ps指令查看正在运行的redis-container容器的容器ID：

```
$ docker ps
CONTAINER ID  IMAGE  COMMAND                  CREATED          STATUS          PORTS
6f7d16f298e9  redis  "docker-entrypoint.sh"   32 seconds ago  Up 31 seconds  6379/tcp
redis-container
```

在此redis容器启动bash，并查看容器的运行时间和内存状况：

```
$ docker exec -it 6f7d16f298e9 bash
root@6f7d16f298e9:/data# uptime
12:26:19 up 20 min, 0 users, load average: 0.00, 0.04, 0.10
root@6f7d16f298e9:/data# free
              total        used        free      shared    buffers     cached
Mem:           1020096        699280        320816        126800         50184        527260
-/+ buffers/cache:      121836        898260
Swap:              1181112              0          1181112
```

同样可以通过env指令查看环境变量的配置：

```
root@6f7d16f298e9:/data# env
HOSTNAME=6f7d16f298e9
REDIS_DOWNLOAD_URL=http://download.redis.io/releases/redis-3.0.7.tar.gz
PATH=/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin
PWD=/data
SHLVL=1
HOME=/root
REDIS_DOWNLOAD_SHA1=e56b4b7e033ae8dbf311f9191cf6fdf3ae974d1c
REDIS_VERSION=3.0.7
GOSU_VERSION=1.7
_=/usr/bin/env
```

也可以通过ps指令查看当前容器运行的进程信息：

```
root@6f7d16f298e9:/data# ps -ef
UID          PID  PPID  C  STIME TTY          TIME CMD
redis         1      0   0  12:16 ?        00:00:02 redis-server *:6379
root         30      0   0  12:51 ?        00:00:00 sh
root         39     30   0  12:52 ?        00:00:00 ps -ef
```

## 1.连接redis容器

用户可以使用--link参数，连接创建的redis-container容器：

```
$ docker run -it --link redis-container:db alpine sh
/ # ls
```

进入alpine系统容器后，可以使用ping指令测试redis容器：

```
/ # ping db
PING db (172.17.0.2): 56 data bytes
64 bytes from 172.17.0.2: seq=0 ttl=64 time=0.088 ms
64 bytes from 172.17.0.2: seq=1 ttl=64 time=0.103 ms
--- db ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 0.088/0.095/0.103 ms
```

还可以使用nc指令（即NetCat）检测redis服务的可用性：

```
/ # nc db 6379
PING
+PONG
```

官方镜像内也自带了redis客户端，可以使用以下指令直接使用：

```
$ docker run -it --link redis-container:db --entrypoint redis-cli redis -h db
db:6379> ping
PONG
db:6379> set 1 2
OK
db:6379> get 1
"2"
```

## 2.使用自定义配置

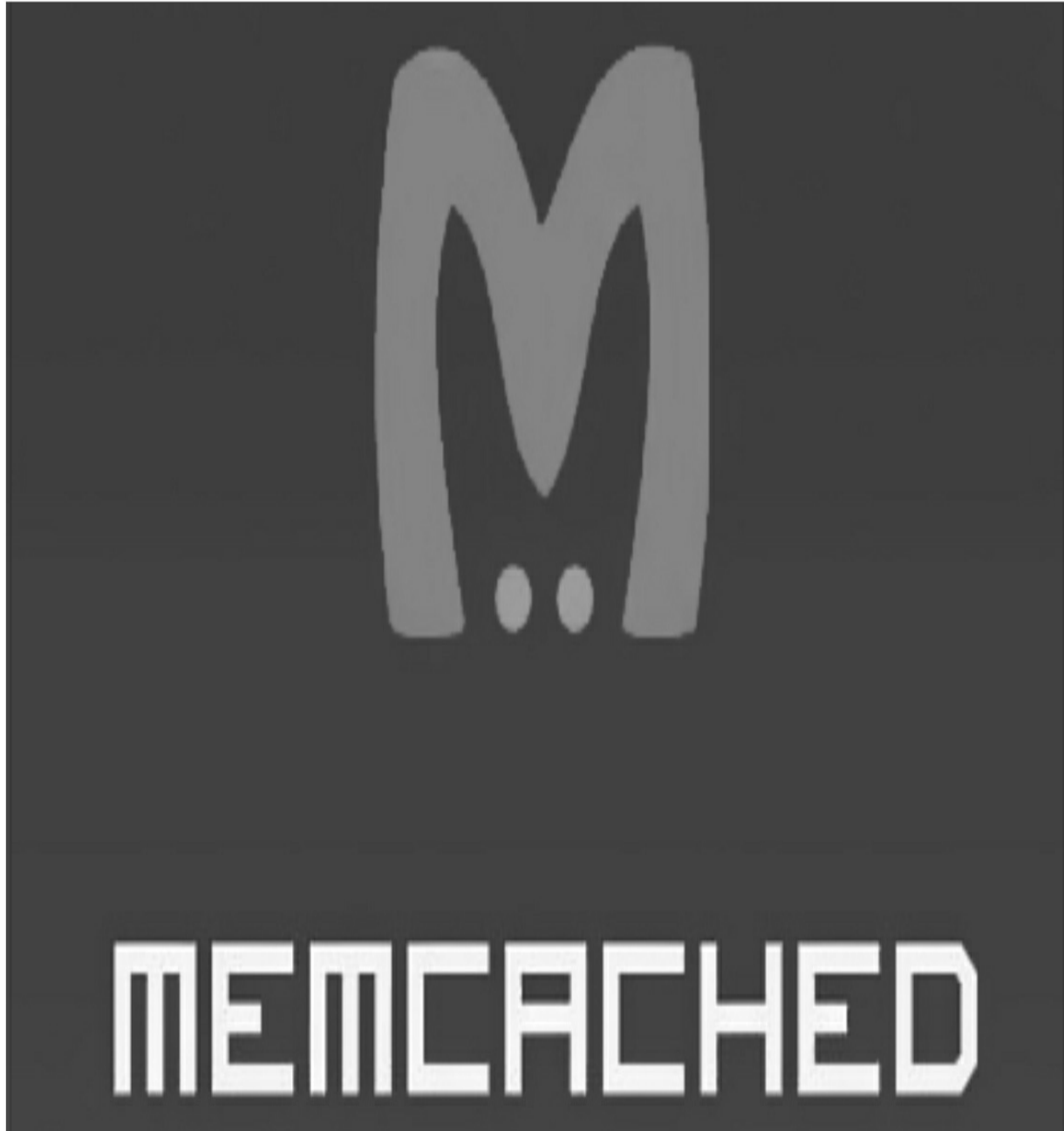
可以通过数据卷实现自定义redis配置，如下所示：

```
$ docker run -v /myredis/conf/redis.conf:/usr/local/etc/redis/redis.conf --name
myredis redis redis-server /usr/local/etc/redis/redis.conf
```



## 12.4 Memcached

Memcached是一个高性能、分布式的开源内存对象缓存系统。最初是Danga Interactive为了优化LiveJournal的访问速度而编写的。目前已经非常广泛的应用于各种Web应用中。以BSD license授权协议发布。



Memcached守护进程基于C语言实现，基于libevent的事件处理可以实现很高的性能。需要注意的是，由于数据仅存在于内存中，因此重启Memcached或重启操作系统会导致数据全部丢失。

可以直接通过官方提供的memcached镜像运行一个memcached-container容器：

---

```
$ docker run --name memcached-container -d memcached
94e957b52be9a254954cddd23d64ba520493519a19c2e548b4e3dd7f41475b2a
```

---

在docker run指令中可以设定memcached server使用的内存大小：

---

```
$ docker run --name memcached-container-2 -d memcached memcached -m 64
bde9544643ac2a43945322c9bde76342dfc55db12875973da83408a8d239f94c
```

---

以上指令会将memcached server的内存使用量设置为64MB。

此时，用户可以在宿主机直接telnet测试访问memcached容器，并直接输入客户端命令：

---

```
$ telnet 192.168.99.100 11211
Trying 192.168.99.100...
Connected to 192.168.99.100.
Escape character is '^['.
stats
STAT pid 1
STAT uptime 19
STAT time 1462972021
STAT version 1.4.25
...
END
```

---

## 12.5 CouchDB

CouchDB是一款面向文档的NoSQL数据库，以JSON格式存储数据。它兼容ACID，可以用于存储网站的数据与内容，以及提供缓存等。CouchDB里文档域（Field）都是以键值对的形式存储的，对数据的每次修改都会得到一个新的文档修订号。



CouchDB侧重于AP（可用性和分区容忍度）。相比之下，MongoDB侧重于CP（一致性和分区容忍度），Neo4j则提供了特有的面向图形的结构。

可以直接使用docker run指令运行官方镜像，如下所示：

---

```
$ docker run -d --name couchdb-container couchdb
```

```
50badad3e71da22b77bfd5522b27aa77299b6495602543d4a0c80c52a37c36
```

---

这个镜像中CouchDB的默认端口是5984，用户可以使用link指令进行容器链接：

---

```
$ docker run --name couchdb-app --link couchdb-container:couch couchdb
```

---

获取容器IP之后，用户可以使用curl指令，通过CouchDB API来操作CouchDB容器：

---

```
$ curl http://192.168.99.100:5984
{"couchdb":"welcome","uuid":"7298b57db384b931f43bbc8c49e75b53","version":"1.6.1",
  "vendor":{"name":"The Apache Software Foundation","version":"1.6.1"}}
```

---

## 12.6 Cassandra

Cassandra是个开源（Apache License 2.0）的分布式数据库，支持分散的数据存储，可以实现容错以及无单点故障等。Cassandra在设计上引入了P2P技术，具备大规模可分区行存储能力，并支持Spark、Storm、Hadoop的集成。目前Facebook、Twitter、Instagram、eBay、Github、Reddit、Netflix等多家公司都在使用Cassandra。类似工具还有HBase等。



## 1.使用官方镜像

首先可以使用docker run指令基于Cassandra官方镜像启动容器：

---

```
$ docker run --name my-cassandra -d cassandra:latest  
1dde81cddc53322817f8c6e67022c501759d8d187a2de40f1a25710a5f2dfa53
```

---

---

这里的--name标签指定容器名称。cassandra: tag中的标签指定版本号。标签名称可以参考官方仓库的标签说明：<https://hub.docker.com/r/library/cassandra/tags/>。

之后用户可以将另一个容器中的应用与Cassandra容器连接起来。此应用容器要暴露Cassandra需要使用的端口（Cassandra默认服务端口为rpc\_port: 9160；CQL默认本地服务端口为native\_transport\_port: 9042），这样就可以通过容器link功能来连接Cassandra容器与应用容器：

---

```
$ docker run --name my-app --link my-cassandra:cassandra -d app-that-uses-cassandra
```

---

## 2.搭建Cassandra集群

Cassandra有两种集群模式：单机模式（所有实例集中于一台机器）和多机模式（实例分布于多台机器）。单机模式下，可以按照上面描述的方法启动容器即可。如果需要启动更多实例，则需要在指令中配置首个实例信息：

---

```
$ docker run --name my-cassandra2 -d -e CASSANDRA_SEEDS="$(docker inspect --format='{{ .NetworkSettings.IPAddress }}' my-cassandra)" cassandra:latest
```

---

其中my-cassandra就是首个Cassandra Server的实例名称。在这里使用了docker inspect指令，以获取首个实例的IP地址信息。还可以使用docker run的--link标签来连接这两个Cassandra实例：

---

```
$ docker run --name my-cassandra2 -d --link my-cassandra:cassandra cassandra:latest
```

---

多机模式下，由于容器网络基于Docker bridge，所以需要通过环境变量配置Cassandra Server容器的IP广播地址（即使用-e标签）。假设第一台虚拟机的IP是10.22.22.22，第二台虚拟机的IP是10.23.23.23，Gossip端口是7000，那么启动第一台虚拟机中的Cassandra容器时的指令如下：

---

```
$ docker run --name my-cassandra -d -e CASSANDRA_BROADCAST_ADDRESS=10.42.42.42 -p 7000:7000 cassandra:latest
```

---



启动第二台虚拟机的Cassandra容器时，同样需要暴露Gossip端口，并通过环境变量声明第一台Cassandra容器的IP地址：

---

```
$ docker run --name my-cassandra -d -e CASSANDRA_BROADCAST_ADDRESS=10.43.43.43  
-p 7000:7000 -e CASSANDRA_SEEDS=10.42.42.42 cassandra:latest
```

---

## 12.7 本章小结

本章讲解了常见数据库软件镜像的使用过程，包括MySQL、Oracle、MongoDB、Redis、Memcached、CouchDB、Cassandra等。读者通过本章内容，能快速掌握如何在生产环境中部署和使用数据库容器。

在使用数据库容器时，建议将数据库文件映射到宿主主机，一方面减少容器文件系统带来的性能损耗，另一方面实现数据的持久化。

阅读本章需要对特定的数据库的特性和配置有一定的基础知识，建议读者结合各个数据库的使用文档进行更深入的学习。

## 第13章 分布式处理与大数据平台

分布式系统和大数据处理平台是目前业界关注的热门技术。

本章将重点介绍热门的消息队列中间件RabbitMQ，分布式任务处理平台Celery，大数据分布式处理的三大重量级武器：Hadoop、Spark、Storm，以及新一代的数据采集和分析引擎Elasticsearch。

围绕如何基于Docker快速部署和使用这些工具，读者将能学习到相关的操作实践，并能领略分布式处理技术在大数据领域的重要用途。

## 13.1 RabbitMQ

RabbitMQ是一个支持Advanced Message Queuing Protocol（AMQP）的开源消息队列实现，由Erlang编写，因以高性能、高可用以及可伸缩性出名。它支持多种客户端，如：Java、Python、PHP、.NET、Ruby、JavaScript等。它主要用于在分布式系统中存储和转发消息，方便组件之间的解耦，消息的发送者无需知道消息使用者的存在，反之亦然。



AMQP架构中有两个主要组件：Exchange和Queue，两者都在服务端，又称Broker，由RabbitMQ实现的。客户端通常有Producer和Consumer两种类型，如图13-1所示。

在使用RabbitMQ过程中需要注意的是，它将数据存储于Node中，默认情况为hostname。因此在使用docker run指令运行容器的时候，应该通过-h/--hostname参数指定每一个rabbitmq daemon运行的主机名。这样就可以轻松地管理和维护数据了：

---

```
$ docker run -d --hostname my-rabbit --name some-rabbit rabbitmq:3
3f28f6290e05375363ee661151170d37fbc89ada004c3235f02997b711b4cb2b
```

---

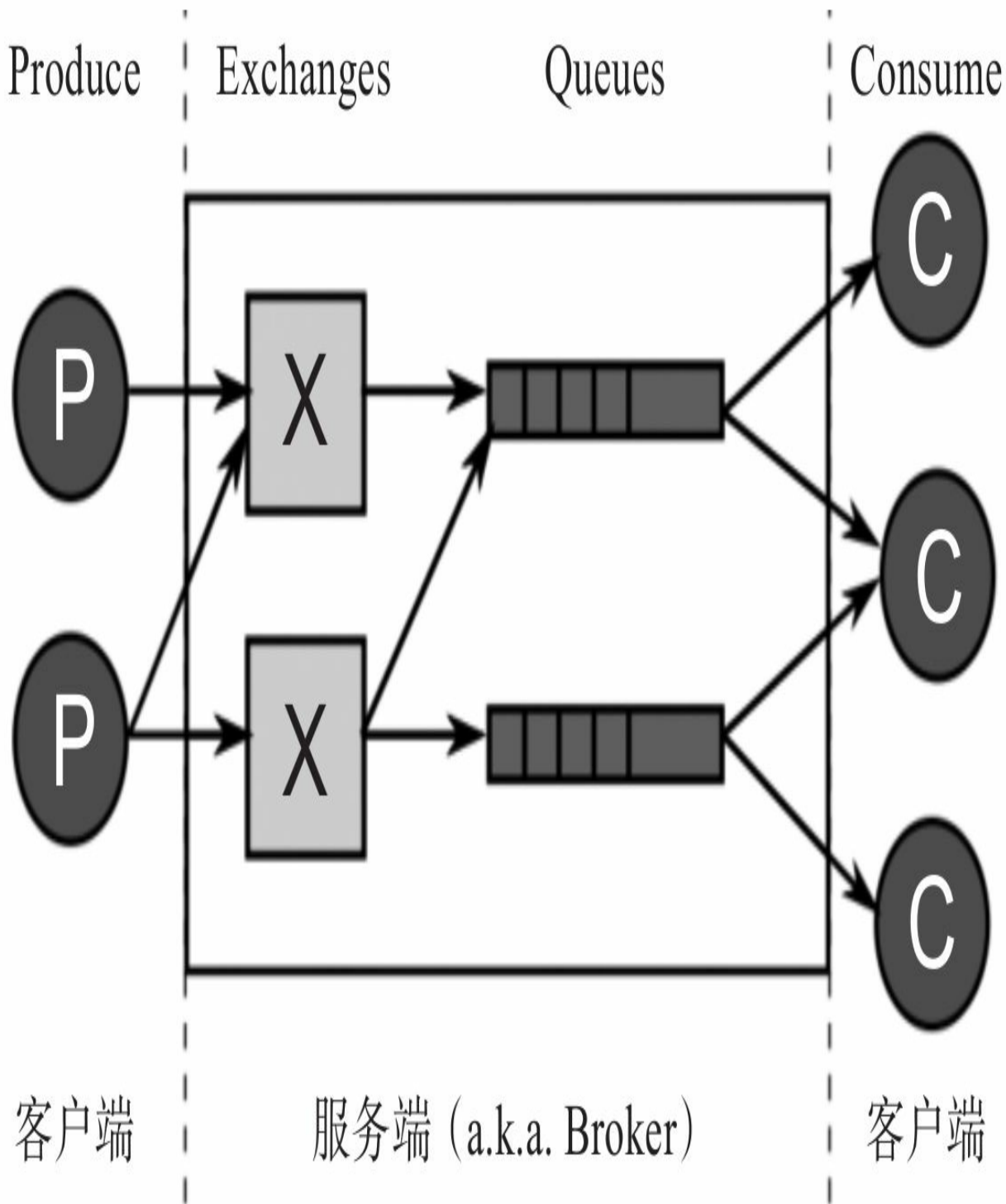


图13-1 AMQP架构

用户使用rabbitmqctl工具进行远程管理，或跨容器管理的时候，会需要设置持久化的cookie。如果需要了解关于Erlang Cookie的信息，可以参见RabbitMQ官网的集群指南。

这里可以使用RABBITMQ\_ERLANG\_COOKIE参数进行设置:

```
$ docker run -d --hostname my-rabbit --name some-rabbit -e RABBITMQ_ERLANG_COOKIE='secret cookie here' rabbitmq:3
```

使用cookie连接至一个独立的实例:

```
$ docker run -it --rm --link some-rabbit:my-rabbit -e RABBITMQ_ERLANG_COOKIE='secret cookie here' rabbitmq:3 bash
root@f2a2d3d27c75:/# rabbitmqctl -n rabbit@my-rabbit list_users
Listing users ...
guest    [administrator]
```

同样, 用户也可以使用RABBITMQ\_NODENAME简化指令:

```
$ docker run -it --rm --link some-rabbit:my-rabbit -e RABBITMQ_ERLANG_COOKIE='secret cookie here' -e RABBITMQ_NODENAME=rabbit@my-rabbit rabbitmq:3 bash
root@f2a2d3d27c75:/# rabbitmqctl -n rabbit@my-rabbit list_users
Listing users ...
guest    [administrator]
```

默认情况下, rabbitmq会安装并启动一些管控插件, 如rabbitmq: 3-management。通常可以通过默认用户名密码以及标准管控端口15672访问这些插件:

```
$ docker run -d --hostname my-rabbit --name some-rabbit rabbitmq:3-management
```

用户可以通过浏览器访问<http://container-ip:15672>, 如果需要从宿主机外访问, 则使用8080端口:

```
$ docker run -d --hostname my-rabbit --name some-rabbit -p 8080:15672 rabbitmq:3-management
```

如果需要修改默认用户名与密码 (guest: guest), 则可以使用RABBITMQ\_DEFAULT\_USER和RABBITMQ\_DEFAULT\_PASS环境变量:

```
$ docker run -d --hostname my-rabbit --name some-rabbit -e RABBITMQ_DEFAULT_USER=user -e RABBITMQ_DEFAULT_PASS=password rabbitmq:3-management
```

如果需要修改默认vhost, 可以修改RABBITMQ\_DEFAULT\_VHOST环境变量:

---

```
$ docker run -d --hostname my-rabbit --name some-rabbit -e RABBITMQ_DEFAULT_
VHOST=my_vhost rabbitmq:3-management
```

---

然后连接至daemon:

---

```
$ docker run --name some-app --link some-rabbit:rabbit -d application-that-uses-
rabbitmq
```

---

用户也可以访问官方镜像仓库，并对Dockerfile进行更多定制。

## 13.2 Celery

除了通用的消息队列外，任务队列在分布式处理中也十分重要。任务队列的输入是工作的一个单元，称为任务，有多个工作者监听队列来获取任务并执行。



Celery是一个简单、灵活、高可用、高性能的开源（BSD许可）分布式任务处理系统，专注于实时处理的任务队列管理，同时也支持任务调度。Celery基于Python实现，跟包括Django、Pyramid、Pylons、Flask、Tornado等Web框架都无缝集成，有庞大的用户与贡献者社区。Celery可以单机运行，也可以在多台机器上运行，甚至可以跨越数据中心运行。

### 1.使用官方镜像

启动一个celery worker，即RabbitMQ Broker：



---

```
$ docker run --link some-rabbit:rabbit --name some-celery -d celery:latest
```

---

检查集群状态:

---

```
$ docker run --link some-rabbit:rabbit --rm celery celery status
```

---

启动一个celery worker, 即Redis Broker:

---

```
$ docker run --link some-redis:redis -e CELERY_BROKER_URL=redis://redis --name  
some-celery -d celery
```

---

检查集群状态:

---

```
$ docker run --link some-redis:redis -e CELERY_BROKER_URL=redis://redis --rm  
celery celery status
```

---

## 2.使用Celery库

如果用户使用的框架已有Celery库, 那么使用起来会更方便。

下面是Python中调用Celery的hello world程序:

---

```
from celery import Celery  
app = Celery('hello', broker='amqp://guest@localhost//')  
@app.task  
def hello():  
    return 'hello world'
```

---

## 13.3 Hadoop

作为当今大数据处理领域的经典分布式平台，Apache Hadoop主要基于Java语言实现，由三个核心子系统组成：HDFS、YARN、MapReduce，其中，HDFS是一套分布式文件系统；YARN是资源管理系统，MapReduce是运行在YARN上的应用，负责分布式处理管理。如果从操作系统的角度看，HDFS相当于Linux的ext3/ext4文件系统，而Yarn相当于Linux的进程调度和内存分配模块。参见图13-2。





图13-2 Apache Hadoop生态系统

### 1.使用官方镜像

可以通过docker run指令运行镜像，同时打开bash命令行，如下所示：

```
$ docker run -it sequenceiq/hadoop-docker:2.7.0 /etc/bootstrap.sh -bash
```

```
bash-4.1#
```

此时可以查看各种配置信息和执行操作，例如查看namenode日志等信息：

```
bash-4.1# cat /usr/local/hadoop/logs/hadoop-root-namenode-d4e1e9d8f24f.out
ulimit -a for user root
core file size (blocks, -c) 0
data seg size (kbytes, -d) unlimited
scheduling priority (-e) 0
file size (blocks, -f) unlimited
pending signals (-i) 7758
max locked memory (kbytes, -l) 64
max memory size (kbytes, -m) unlimited
open files (-n) 1048576
pipe size (512 bytes, -p) 8
POSIX message queues (bytes, -q) 819200
real-time priority (-r) 0
stack size (kbytes, -s) 8192
cpu time (seconds, -t) unlimited
max user processes (-u) unlimited
virtual memory (kbytes, -v) unlimited
file locks (-x) unlimited
```

## 2.安装验证

需要验证Hadoop环境是否安装成功。打开容器的bash命令行环境，进入Hadoop目录：

```
bash-4.1# cd $HADOOP_PREFIXbash-4.1# pwd/usr/local/hadoop
```

然后通过运行Hadoop内置的实例程序来进行测试：

```
bash-4.1# bin/hadoop jar share/hadoop/mapreduce/hadoop-mapreduce-examples-2.7.0.jar
grep input output 'dfs[a-z.]+'
16/08/31 10:00:11 INFO client.RMProxy: Connecting to ResourceManager at /0.0.0.0:8032
16/08/31 10:00:15 INFO input.FileInputFormat: Total input paths to process : 31
16/08/31 10:00:16 INFO mapreduce.JobSubmitter: number of splits:31
...
```

最后可以使用hdfs指令检查输出结果：

```
bash-4.1# bin/hdfs dfs -cat output/*
```

## 13.4 Spark

Apache Spark是一个围绕速度、易用性和复杂分析构建的大数据处理框架，基于Scala开发。最初在2009年由加州大学伯克利分校的AMPLab开发，并于2010年成为Apache的开源项目之一。



与Hadoop和Storm等其他大数据和MapReduce技术相比，Spark支持

更灵活的函数定义，可以将应用处理速度提升一到两个数量级，并且提供了众多方便的实用工具，包括SQL查询、流处理、机器学习和图处理等：

Spark体系架构包括如下三个主要组件：数据存储、API、管理框架，如图13-3所示。

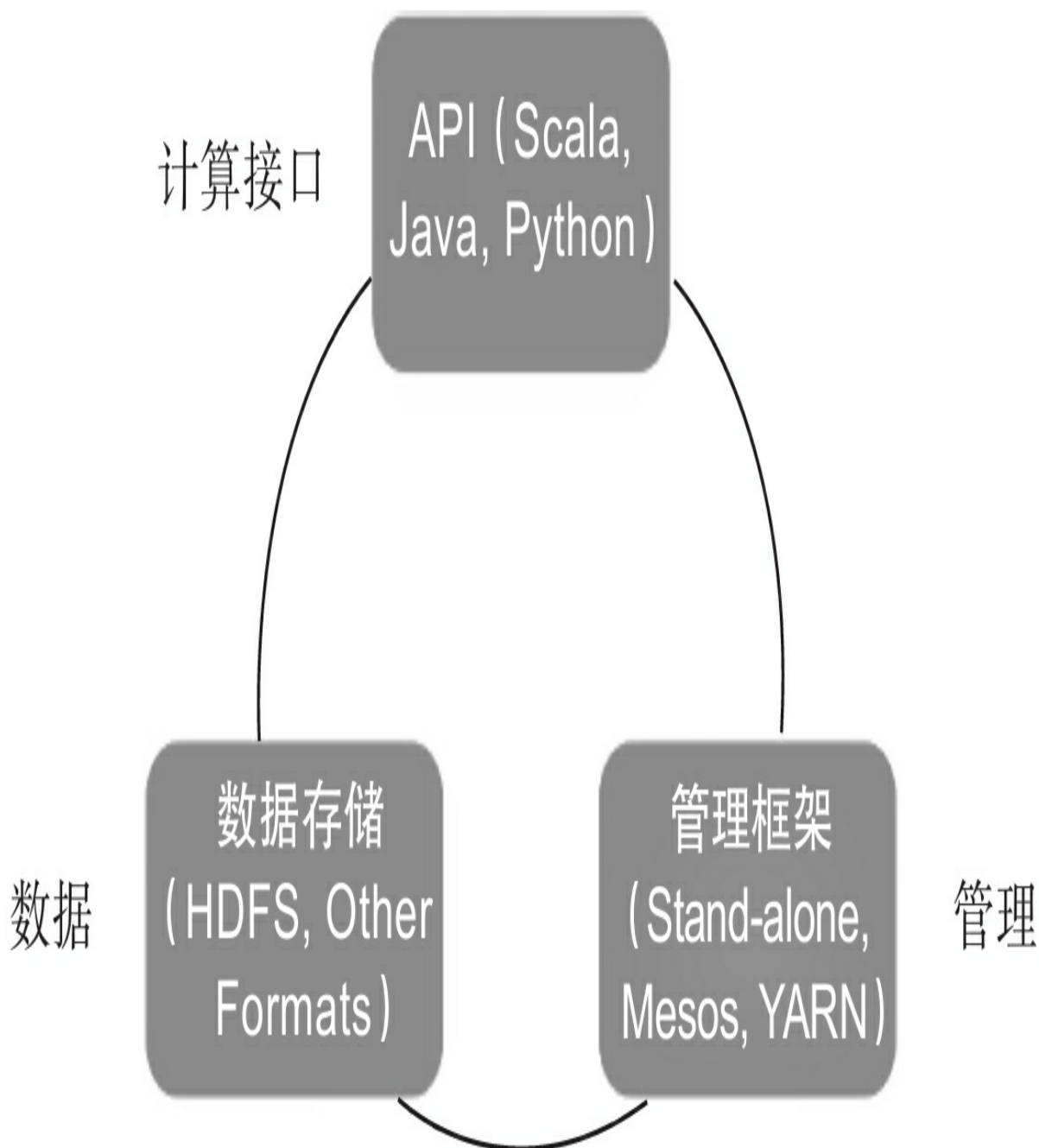


图13-3 Spark体系架构

目前Spark推出了2.0版本，性能大幅度提升，并在数据流方面退推出了很多新功能。

### 13.4.1 使用官方镜像

用户可以使用sequenceiq/spark镜像，版本方面支持Hadoop 2.6.0，Apache Spark v1.6.0（CentOS）。同时此镜像还包含Dockerfile，用户可以基于它构建自定义的Apache Spark镜像。

用户使用docker pull指令直接获取镜像：

```
$ docker pull sequenceiq/spark:1.6.0
1.6.0: Pulling from sequenceiq/spark
...
9d406b080497: Pull complete
Digest: sha256:64fbdd1a9ffb6076362359c3895d089afc65a533c0ef021ad4ae6da3f8b2a413
Status: Downloaded newer image for sequenceiq/spark:1.6.0
```

也可以使用docker build指令构建spark镜像：

```
$ docker build --rm -t sequenceiq/spark:1.6.0 .
```

另外，用户在运行容器时，需要映射YARN UI需要的端口：

```
$ docker run -it -p 8088:8088 -p 8042:8042 -h sandbox sequenceiq/spark:1.6.0 bash
bash-4.1#
```

启动后，可以使用bash命令行来查看namenode日志等信息：

```
bash-4.1# cat /usr/local/hadoop/logs/hadoop-root-namenode-sandbox.out
ulimit -a for user root
core file size          (blocks, -c) 0
data seg size           (kbytes, -d) unlimited
scheduling priority     (-e) 0
file size                (blocks, -f) unlimited
pending signals         (-i) 7758
max locked memory       (kbytes, -l) 64
max memory size         (kbytes, -m) unlimited
open files              (-n) 1048576
pipe size               (512 bytes, -p) 8
POSIX message queues    (bytes, -q) 819200
real-time priority      (-r) 0
stack size              (kbytes, -s) 8192
cpu time                (seconds, -t) unlimited
max user processes      (-u) unlimited
virtual memory          (kbytes, -v) unlimited
file locks              (-x) unlimited
```

### 13.4.2 验证

基于YARN部署Spark系统时，用户有两种部署方式可选：YARN客户端模式和YARN集群模式。下面分别论述两种部署方式。

## 1.YARN客户端模式

在YARN客户端模式中，SparkContext（或称为驱动程序，driver program）运行在客户端进程中，应用的master仅处理来自YARN的资源管理请求：

---

```
# 运行spark shell
spark-shell \
--master yarn-client \
--driver-memory 1g \
--executor-memory 1g \
--executor-cores 1 \
# 执行以下指令，若返回1000则符合预期
scala> sc.parallelize(1 to 1000).count()
```

---

## 2.YARN集群模式

在YARN集群模式中，Spark driver驱动程序运行于应用master的进程中，即由YARN从集群层面进行管理。下面，用户以Pi值计算为例子，展现两种模式的区别：

Pi计算（YARN集群模式）：

---

```
# 执行以下指令，成功后，日志中会新增记录"Pi is roughly 3.1418"
# 集群模式下用户必须制定--files参数，以开启metrics
spark-submit \
--class org.apache.spark.examples.SparkPi \
--files $SPARK_HOME/conf/metrics.properties \
--master yarn-cluster \
--driver-memory 1g \
--executor-memory 1g \
--executor-cores 1 \
$SPARK_HOME/lib/spark-examples-1.6.0-hadoop2.6.0.jar
```

---

Pi计算（YARN客户端模式）：

---

```
# 执行以下指令，成功后，命令行将显示"Pi is roughly 3.1418"
spark-submit \
--class org.apache.spark.examples.SparkPi \
--master yarn-client \
--driver-memory 1g \
--executor-memory 1g \
--executor-cores 1 \
$SPARK_HOME/lib/spark-examples-1.6.0-hadoop2.6.0.jar
```

---

## 3.容器外访问Spark

如果需从容器外访问Spark环境，则需要设置YARN\_CONF\_DIR



环境变量。yarn-remote-client文件夹内置远程访问的配置信息：

---

```
export YARN_CONF_DIR="`pwd`/yarn-remote-client"
```

---

只能使用根用户访问Docker的HDFS环境。当用户从容器集群外部，使用非根用户访问Spark环境时，则需要配置HADOOP\_USER\_NAME环境变量：

---

```
export HADOOP_USER_NAME=root
```

---

## 13.5 Storm

Apache Storm是一个实时流计算框架，由Twitter在2014年正式开源，遵循Eclipse Public License 1.0。Storm基于Clojure等语言实现。



Storm集群与Hadoop集群在工作方式上十分相似，唯一区别在于Hadoop上运行的是MapReduce任务，在Storm上运行的则是topology。MapReduce任务完成处理即会结束，而topology则永远在等待消息并处理（直到被停止）。

### 使用Compose搭建Storm集群

利用Docker Compose模板，用户可以在本地单机Docker环境快速地搭建一个Apache Storm集群，进行应用开发测试。

## 1.Storm示例架构

Storm架构如图13-4所示。

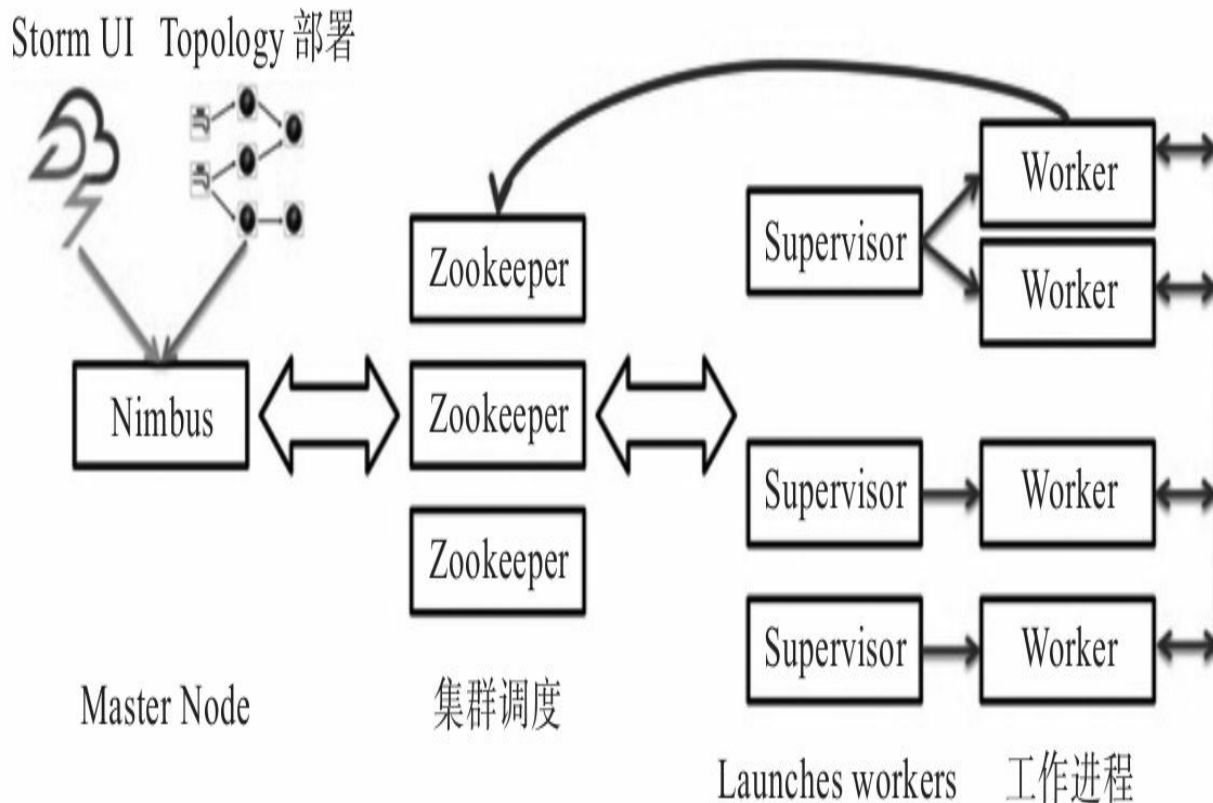


图13-4 Storm示例架构

其中包含如下容器：

- Zookeeper: Apache Zookeeper三节点部署。
- Nimbus: Storm Nimbus。
- Ui: Storm UI
- Supervisor: Storm Supervisor（一个或多个）。
- Topology: Topology部署工具，其中示例应用基于官方示例storm-starter代码构建。

## 2.本地开发测试

首先从Github下载需要的代码：

---

```
$ git clone https://github.com/denverdino/docker-storm.git
$ cd docker-swarm/local
```

---

代码库中的docker-compose.yml文件描述了典型的Storm应用架构。

用户可以直接运行下列命令构建测试镜像：

---

```
$ docker-compose build
```

---

现在可以用下面的命令来一键部署一个Storm应用：

---

```
$ docker-compose up -d
```

---

当UI容器启动后，用户可以访问容器的8080端口来打开操作界面，如图13-5所示。

# Storm UI

## Cluster Summary

Version	Supervisors	Used slots	Free slots	Total slots	Executors	Tasks
1.0.0	1	0	4	4	0	0

## Nimbus Summary

Search:

Host	Port	Status	Version	UpTime
localhost	6627	Offline	Not applicable	Not applicable
nimbus	6627	Leader	1.0.0	5s

Showing 1 to 2 of 2 entries

## Topology Summary

Search:

Name	Owner	Status	Uptime	Num workers	Num executors	Num tasks	Replication count	Assigned Mem (MB)	Scheduler Info
No data available in table									

Showing 0 to 0 of 0 entries

## Supervisor Summary

Search:

Id	Host	Uptime	Slots	Used slots	Used Mem (MB)	Version
4b28960f-b8e0-415f-87d8-14459613a692	35afe8dacdb9	6s	4	0	0	1.0.0

Showing 1 to 1 of 1 entries

图13-5 Storm UI

利用如下命令，可以伸缩supervisor的数量，比如伸缩到3个实例：

---

```
$ docker-compose scale supervisor=3
```

---

用户也许会发现Web界面中并没有运行中的topology。这是因为Docker Compose目前只能保证容器的启动顺序，但是无法确保所依赖容器中的应用已经完全启动并可以被正常访问了。

为了解决这个问题，需要运行下面的命令来再次启动topology服务应用来提交更新的拓扑：

---

```
$ docker-compose start topology
```

---

稍后刷新Storm UI，可以发现Storm应用已经部署成功了。

## 13.6 Elasticsearch

Elasticsearch是一个基于Lucene的开源搜索服务器，主要基于Java实现。它提供了一个分布式的，多租户的全文搜索引擎，内含RESTful web接口。



Elasticsearch提供了实时的分布式数据存储和分析查询功能，很容易扩展到上百台服务器，支持处理PB级结构化或非结构化数据。配合Logstash、Kibana等组件，可以快速构建一套对日志消息的分析平台。

可以使用官方镜像，快速运行Elasticsearch容器：

---

```
$ docker run -d elasticsearch
937c1cb21b39a322ab6c5697e31af22a5329f08408d40f64e27465fed6597e34
```

---

也可以在启动时传入一些额外的配置参数：

---

```
$ docker run -d elasticsearch elasticsearch -Des.node.name="TestNode"
2c0ae96f73ca01779c60f7c6103481696c34c510266f5c503610a2640dc6f50a
```

---

目前使用的镜像内含默认配置文件，包含了预先定义好的默认配置。如果用户要使用自定义配置，可以使用数据卷，挂载自定义配置文

件至/usr/share/elasticsearch/config:

---

```
$ docker run -d -v "$PWD/config":/usr/share/elasticsearch/config elasticsearch
43333bfdbbfe156512ba9786577ca807c676f9a767353222c106453020ac7020
```

---

如果需要数据持久化，可以使用数据卷指令，挂载至/usr/share/elasticsearch/data:

---

```
$ docker run -d -v "$PWD/esdata":/usr/share/elasticsearch/data elasticsearch
3feddf6a8454534b209b32df06c2d65022d772a8f511593371218f6bd064e80e
```

---

此镜像会暴露9200 9300两个默认的HTTP端口，可以通过此端口进行服务访问。9200端口是对外提供服务的API使用的端口。9300端口是内部通信端口，这些通信包括心跳，集群内部信息同步。



## 13.7 本章小结

本章介绍了分布式处理与大数据处理领域的典型热门工具，包括Rabbitmq、Celery、Hadoop、Spark、Storm和Elasticsearch等。这些开源项目的出现，极大降低了开发者进行分布式处理和数据分析的门槛。

实际上，摩尔定律的失效，必将导致越来越多的复杂任务必须采用分布式架构进行处理。在新的架构和平台下，如何实现高性能、高可用性，如何让应用容易开发、方便调试，都是十分复杂的问题。已有的开源平台项目提供了很好的实现参考，方便用户将更多的精力放到核心业务的维护上。通过基于容器的部署和使用，极大简化了对如此复杂系统的使用和维护。

## 第14章 编程开发

本章主要介绍如何使用Docker快速部署主流编程语言的开发、编译环境及其常用框架，包括C、C++、Java、Python、JavaScript、Go、PHP、Ruby、Perl、R、Erlang等。

通过本章学习，读者在今后采用编程语言开发和测试时，将再也不用花费大量时间进行环境配置了，只需简单获取容器镜像，即可快速拥有相关的环境。

本章内容需要读者事先对相关语言的基础概念和工具栈有所了解，可自行查看语言相应的技术文档。

## 14.1 C/C++

C是一门古老的语言，在1969年由贝尔实验室设计开发，今天仍然是系统领域和高性能计算的主要选择。C语言具有高效、灵活、功能丰富、表达力强和较高的可移植性等特点。C++在C的基础上，支持了数据的抽象与封装、面向对象和泛型编程。功能与性能的平衡使C++成为了目前应用最广泛的系统编程语言之一。



本节将介绍三款流行的C/C++开发工具，GCC、LLVM和Clang。

### 14.1.1 GCC

GCC（GNU Compiler Collection）是一套由GNU开发的编程语言编译器，是一套以GPL及LGPL许可证所发行的自由软件，也是GNU计划的关键部分。GCC（特别是其中的C语言编译器）通常被认为是跨平台编译器的事实标准。



GCC可处理C/C++，以及Fortran、Pascal、Objective-C、Java、Ada等多种语言。

将C/C++代码运行在容器内的最简方法，就是将编译指令写入Dockerfile中，然后使用此Dockerfile构建自定义镜像，最后直接运行此镜像，即可启动程序。

---

```
FROM gcc:4.9
COPY . /usr/src/myapp
WORKDIR /usr/src/myapp
RUN gcc -o myapp main.c
CMD ["/myapp"]
```

---

编辑main.c，内容如下：

```
#include<stdio.h>
int main()
{
    printf("Hello World\n");
    return 0;
}
```

现在，就可以使用Dockerfile来构建镜像my-gcc-app：

```
$ docker build -t gcc-image .
```

创建并运行此容器，会编译并运行程序，输出Hello World语句。

```
$ docker run -it --rm --name gcc-container gcc-image
Hello World
```

如果只需要容器编译程序，而不需要运行它，可以使用如下命令：

```
$ docker run --rm -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w /usr/src/myapp gcc gcc -o myapp main.c
```

以上命令会将当前目录（"\$(pwd)"）挂载到容器的/usr/src/myapp目录，并执行gcc-o myapp myapp.c。GCC将会编译myapp.c代码，并将生成的可执行文件输出至/usr/src/myapp文件夹。

## 14.1.2 LLVM

LLVM（Low Level Virtual Machine）是伊利诺伊大学的一个研究项目，试图提供一个现代化的，基于SSA的编译策略，同时支持静态和动态编程语言。和之前为大家所熟知的JVM以及.net Runtime这样的虚拟机不同，这个虚拟系统提供了一套中立的中间代码和编译基础设施，并围绕这些设施提供了一套全新的编译策略（使得优化能够在编译、连接、运行环境执行过程中，以及安装之后以有效的方式进行）和其他一些非常有意思的功能。



Docker Hub中已经有用户提供了LLVM镜像，读者可以直接下载使用，不再赘述。

---

```
$ docker pull imiell/llvm
```

---

### 14.1.3 Clang

Clang是一个由Apple公司用C++实现、基于LLVM的C/C++/Objective C/Objective C++编译器，其目标就是超越GCC成为标准的C/C++编译器，它遵循LLVM BSD许可。Clang很好地兼容了GCC。

Clang特性包括：

- 快：在OSX上的测试中，Clang比GCC 4.0快2.5倍。
- 内存占用小：Clang内存占用一般比GCC要小的多。
- 诊断信息可读性强：Clang对于错误的语法不但有源码提示，还会在错误的调用和相关上下文上有更好的提示。
- 基于库的模块化设计：Clang将编译过程分成彼此分离的几个阶段，将大大增强IDE对于代码的操控能力。

在Docker Hub中已经有用户提供了Clang的镜像，读者可以直接下载使用：

---

```
$ docker pull bowery/clang
```

---



## 14.2 Java

Java是一种拥有跨平台、面向对象、泛型编程特点的编译型语言，广泛应用于企业级应用开发和移动应用开发领域，由SUN公司在1995年推出。Java是基于类的面向对象的高级语言，其设计理念是尽可能的减少部署依赖，致力于“开发一次，到处运行”。这就意味着Java的二进制编码不需要再次编译，即可运行在异构的JVM上。Java在大型互联网项目，特别是互联网金融和电子商务项目中非常受欢迎。



在容器中运行Java代码最简单的方法就是将Java编译指令直接写入Dockerfile。然后使用此Dockerfile构建并运行此镜像，即可启动程序。

在本地新建一个空目录，在其中创建Dockerfile文件。在Dockerfile中，加入需要执行的Java编译命令，例如：

---

```
FROM java:7
COPY . /usr/src/javaapp
WORKDIR /usr/src/javaapp
RUN javac HelloWorld.java
CMD ["java", "HelloWorld"]
```

---

使用此Dockerfile构建镜像java-image:

---

```
$ docker build -t java-image .
```

---

然后，运行此镜像即自动编译程序并执行：

---

```
$ docker run -it --rm --name java-container java-image
Hello, World
```

---

如果只需要在容器中编译Java程序，而不需要运行，则可以使用如下命令：

---

```
$ docker run --rm -v "$(pwd)":/usr/src/javaapp -w /usr/src/javaapp java:7 javac
HelloWorld.java
```

---

## 14.3 Python

Python是一种解释型的动态语言，面向对象设计，功能十分强大。它集成了模块（`modules`）、异常处理（`exceptions`）、动态类型（`dynamic typing`）、高级数据结构（元组、列表、序列）、类（`classes`）等高级特性。Python设计精良，语法简约，表达能力很强。目前，所有主流操作系统（Windows、所有Linux、类Unix系统）都支持Python。



下面，笔者将带领大家使用Docker部署Python环境，以及部署Python技术栈中的主流框架。

### 14.3.1 使用官方的Python镜像

推荐用户使用Docker官方提供的Python镜像作为基础镜像。

首先，新建项目目录py-official，进入此目录，新建一个Dockerfile文件，内容如下：

---

```
FROM python:3-onbuild
CMD [ "python3.5", "./py3-sample.py" ]
```

---

新建py3-sample.py文件，计算Fibonacci数列：

---

```
def fib(n):
    a, b = 0, 1
    while a < n:
        print(a, end=' ')
        a, b = b, a+b
    print()
fib(1000)
```

---

新建requirements.txt依赖文件，读者可以在此文件中加入项目依赖程序，如Django等。此处仅新建空文件。

---

```
$ touch requirements.txt
```

---

第二步，使用docker build命令构建名为py2.7-sample-app的镜像：

---

```
$ docker build -t py3-image .
```

---

第三步，通过docker run命令创建并运行容器：

---

```
$ docker run -it --rm --name py3-container py3-image
0 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377 610 987
```

---

如果读者只需要运行单个Python脚本，那么无需使用Dockerfile构建自定义镜像，而是通过以下命令直接使用官方Python镜像，带参数运行容器：

---

```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w  
/usr/src/myapp python:3 python your-daemon-or-script.py
```

---

### 14.3.2 使用PyPy

PyPy是一个Python实现的Python解释器和即时编译（JIT）工具，它专注与速度、效率，以及和CPython完全的兼容性。PyPy通过JIT技术可以使得Python运行速度提高近十倍，同时保证兼容性。

RY.



首先，设置项目目录，并新建hi.py实例程序：

---

```
for animal in ["dog", "cat", "mouse"]:  
    print "%s is a mammal" % animal
```

---

然后，在根目录新建Dockerfile，基于pypy3的onbuild版本镜像：

---

```
FROM pypy:3-onbuild  
CMD [ "pypy3", "./hi.py" ]
```

---

如果用户需要使用pypy2，则可以使用：FROM pypy:2-onbuild。

onbuild版本的镜像内含若干onbuild触发器，它们可以再镜像构建期间完成一些必要的初始化操作，便于项目的直接运行。pypy的onbuild镜像会拷贝一个requirements.txt依赖文件，运行RUN pip install安装依赖程序，然后将当前目录拷贝至/usr/src/app。

下面，用户开始构建和运行此镜像：

---

```
$ docker build -t my-python-app .  
$ docker run -it --rm --name my-running-app my-python-app
```

---

如果用户只需要运行单个pypy脚本，并希望避免新建Dockerfile，那么用户可以直接使用以下指令：

---

```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$PWD":/usr/src/myapp -w  
/usr/src/myapp pypy:3 pypy3 your-daemon-or-script.py
```

---

如果需要使用pypy2运行，则可以使用如下指令：

---

```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$PWD":/usr/src/myapp -w  
/usr/src/myapp pypy:2 pypy your-daemon-or-script.py
```

---

## 14.4 JavaScript

JavaScript是目前所有主流浏览器上唯一支持的脚本语言，这也是早期JavaScript的唯一用途。Node.js的出现，让服务端应用也可以基于JavaScript进行编写。

Node.js自2009年发布，使用Google Chrome浏览器的V8引擎，采用事件驱动，性能优异。同时还提供了很多系统级API，如文件操作、网络编程等。

下面，笔者将简述如何使用Docker搭建和使用Node.js环境。

### 使用Node.js环境

Node.js拥有3种官方镜像：node: <version>、node: onbuild、node: slim。



其中常用的是带有版本标签的，以及带有onbuild标签的node镜像。

首先，在Node.js项目中新建一个Dockerfile：

```
FROM node:4-onbuild
EXPOSE 8888
```

然后，新建server.js文件，内容如下：

```
'use strict';
var connect = require('connect');
var serveStatic = require('serve-static');
var app = connect();
app.use('/', serveStatic('.', {'index': ['index.html']}));
app.listen(8080);
console.log('MyApp is ready at http://localhost:8080');
```

之后，通过npm init命令来新建node项目所必须的package.json文件：

```
$ npm init
This utility will walk you through creating a package.json file.
It only covers the most common items, and tries to guess sensible defaults.
See `npm help json` for definitive documentation on these fields
and exactly what they do.
Use `npm install <pkg> --save` afterwards to install a package and
save it as a dependency in the package.json file.
Press ^C at any time to quit.
name: (node) node
version: (1.0.0)
description: node-sample
entry point: (index.js)
test command:
git repository:
keywords:
author:
license: (ISC)
About to write to /Users/faxi/Docker/js/node/package.json:
{
  "name": "node",
  "version": "1.0.0",
  "description": "node-sample",
  "main": "index.js",
  "scripts": {
    "test": "echo \"Error: no test specified\" && exit 1"
  },
  "author": "",
  "license": "ISC"
}
Is this ok? (yes) yes
```

下面使用docker build指令构建node镜像：

```
$ docker build -t node-image .
```

最后，创建并运行node容器：

```
$ docker run -it -P node-image
```

```
npm info it worked if it ends with ok
npm info using npm@2.15.1
npm info using node@v4.4.3
npm info prestart node@1.0.0
npm info start node@1.0.0
> node@1.0.0 start /usr/src/app
> node server.js
MyApp is ready at http://localhost:8080
```

---

此时可以使用浏览器查看到MyApp应用的服务页面。

首先，使用docker ps指令查看端口绑定情况：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE      COMMAND                  CREATED        STATUS PORTS
7b6f666d4808  node-image "npm start" xxxago      Up xx         0.0.0.0:32771->8888/tcp
node-container
```

---

如果只需要运行单个node脚本的容器，则无需通过Dockerfile构建镜像，可以使用以下指令：

---

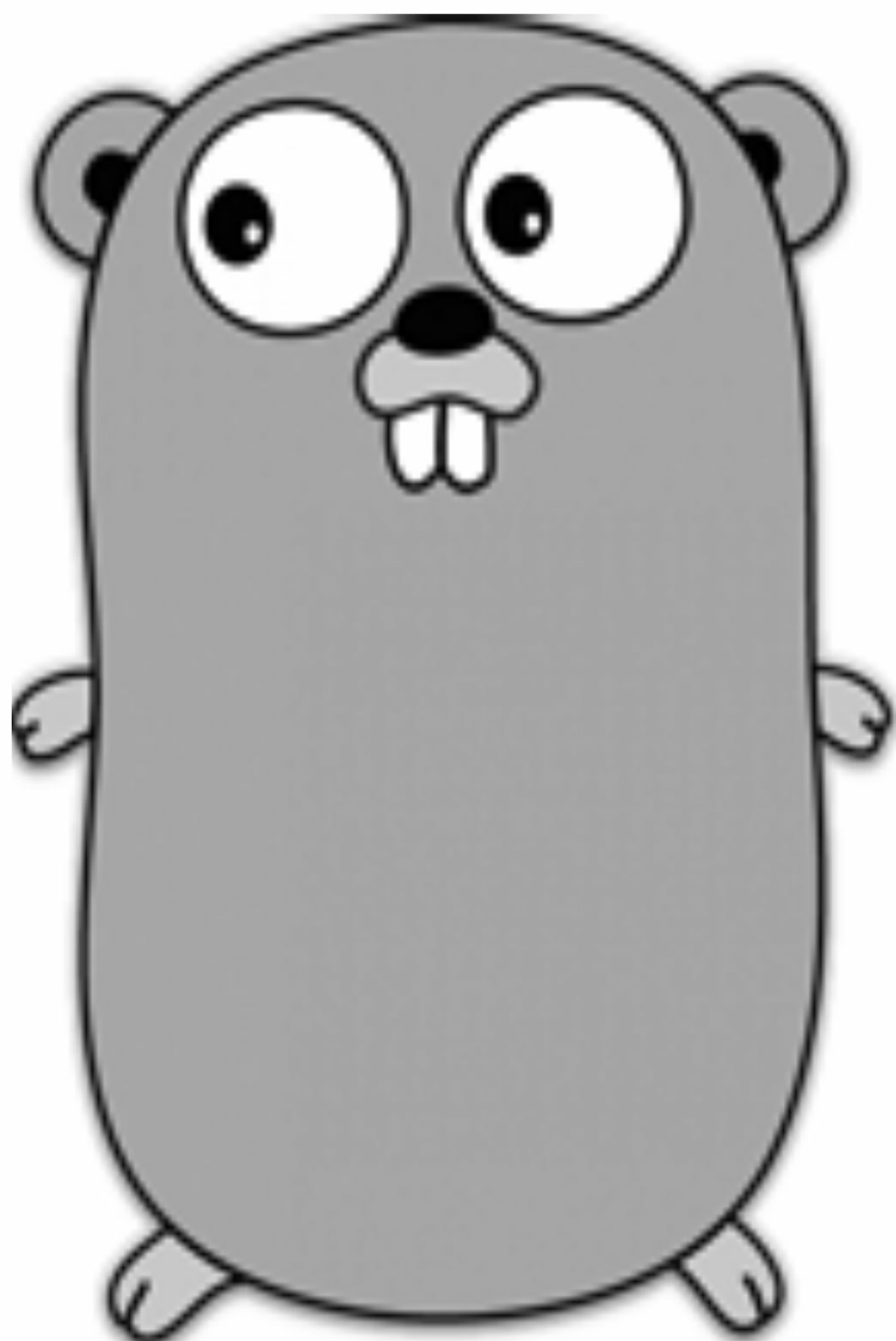
```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w /usr/src/myapp node:0.10 node your-daemon-or-script.js
```

---

读者也可以参考node官方提供的最佳实践：<https://github.com/nodejs/docker-node/blob/master/docs/BestPractices.md>。

## 14.5 Go

Go语言（也称Golang）是一个由Google主导研发的编程语言，于2009年推出。它的语法清晰明了，设计精良，拥有一些先进的特性，还有一个庞大的标准库。Go的基本设计理念是：编译效率、运行效率和开发效率要三者兼顾。使用Go开发，既可以得到很多灵活的语法支持，又可以拥有C/C++的运行和编译效率。此外，Go提供了轻量级的协程，支持大规模并发的场景。



## 14.5.1 搭建并运行Go容器

### 1.使用官方镜像

运行Go语言环境的最简方法是使用官方golang镜像。可以使用docker run指令直接启动Go语言的交互环境：

```
$ docker run -it golang /bin/bash
root@79afc2b64b06:/go# go version
go version go1.7 linux/amd64
```

还可以将Go编译指令写入Dockerfile中，基于此Dockerfile构建自定义镜像。具体步骤如下。

第一步，新建项目文件夹，并在根目录新建Dockerfile：

```
FROM golang:1.6-onbuild # 显示声明基础镜像版本，利于后期维护。
onbuild版本Dockerfile的具体内容如下：
FROM golang:1.6
RUN mkdir -p /go/src/app
WORKDIR /go/src/app
CMD ["go-wrapper", "run"] # 通过`go-wrapper`程序执行当前目录下的主函数
ONBUILD COPY . /go/src/app # 拷贝当前项目代码至运行目录
ONBUILD RUN go-wrapper download # 下载依赖，具体实现参考`go-wrapper`源码
ONBUILD RUN go-wrapper install # 安装依赖，具体实现参考`go-wrapper`源码
# `go-wrapper`源码地址：`https://github.com/docker-library/golang/blob/master/go-
wrapper`
# Dockerfile源码地址：`https://github.com/docker-library/golang/blob/master/1.6/
onbuild/Dockerfile`
```

第二步，新建自定义go程序go-sample.go：

```
package main
import "fmt"
func main() {
    fmt.Println("Hello,世界")
}
```

第三步，使用docker build指令构建镜像：

```
$ docker build -t golang-image .
```

最后，使用docker run指令运行Go容器：

```
$ docker run -it --rm --name golang-container golang-image
+ exec app
Hello,世界
```

至此成功运行了Go语言的实例容器。如果需要在容器中编译Go代码，但是不需要在容器中运行它，那么可以执行如下命令：

```
$ docker run --rm -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w /usr/src/myapp golang go build -v  
_/_usr/src/myapp
```

这会将Go项目文件夹作为Docker数据卷挂载起来并作为运行目录。然后，Docker会在工作目录中编译代码，执行go build命令并输出可执行文件至myapp。

## 2.Go项目容器化

首先，下载Golang官方提供的outyet示例项目：

```
$ mkdir outyet  
$ cd outyet  
# 使用go get下载：  
$ go get github.com/golang/example/outyet  
# 或者直接使用wget下载：  
$ wget https://github.com/golang/example/archive/master.zip  
$ unzip master.zip  
$ cd example-master/outyet  
$ ls  
Dockerfile      containers.yaml main.go          main_test.go
```

示例项目搭建成功后，可以按照以下模板去自定义项目的Dockerfile：

```
# 使用golang基础镜像。基于Debian系统，安装最新版本的golang环境。工作空间（GOPATH）  
配置是"/go"  
FROM golang  
# 将本地的包文件拷贝至容器工作目录。  
ADD . /go/src/github.com/golang/example/my-go  
# 在容器中构建my-go。可以在这里手动或者自动（godep）管理依赖关系。  
RUN go install github.com/golang/example/my-go  
# 设定容器自动运行my-go。  
ENTRYPOINT /go/bin/my-go-app  
# 监听8080端口。  
EXPOSE 8080
```

如果使用onbuild版本的基础镜像，那么源文件拷贝、构建与配置等过程就会自动完成，无需在Dockerfile中逐一配置，如下所示：

```
FROM golang:onbuild  
EXPOSE 8080
```

下面开始构建与运行此Golang项目。在outyet项目根目录执行docker build指令，使用本地目录下的Dockerfile：



```
$ docker build -t outyet .
```

---

构建过程中，Docker会从Docker Hub中获取golang基础镜像，拷贝本地包文件，构建项目并给镜像打上outyet标签。下面，使用docker run指令运行此镜像：

---

```
$ docker run -p 6060:8080 --name test --rm outyet
```

---

此时，实例项目的容器已经在运行状态。打开浏览器访问<http://localhost:6060/>即可看到运行界面。

## 14.5.2 Beego

Beego是一个使用Go的思维来帮助开发者构建并开发Go应用程序的开源框架。Beego使用Go开发，思路来自于Tornado，路由设计来源于Sinatra。使用方法如下。



第一步，下载安装：

---

```
go get github.com/astaxie/beego
```

---

第二步，创建文件hello.go:

```
package main
import "github.com/astaxie/beego"
func main() {
    beego.Run()
}
```

第三步，编译运行:

```
go build -o hello hello.go
./hello
```

第四步，打开浏览器并访问<http://localhost:8080>。

至此，一个Beego项目成功构建了。

### 14.5.3 Gogs: 基于Go的Git服务

Gogs的目标是打造一个最简单、轻松的方式搭建自助Git服务。使用Go语言开发使得Gogs能够通过独立的二进制分发，并且支持Go语言支持的所有平台，包括Linux、Mac OS X、Windows以及ARM平台。



可以使用docker run直接创建并运行镜像:

---

```
$ docker run --rm --name gogs gogs/gogs
```

---

如果需要停止此镜像，可以使用docker stop与docker rm指令：

---

```
$ docker stop gogs; docker rm gogs
```

---

如果需要将数据持久化，可以先新建数据文件夹，然后将其作为数据卷挂载至gogs容器中：

---

```
$ mkdir -p /srv/lxc/gogs/data  
$ docker run -d --name gogs \ -p 8300:3000 -p 8322:22 -v /srv/lxc/gogs/data:  
/data gogs/gogs
```

---

## 14.6 PHP

PHP（Hypertext Preprocessor，超文本预处理器）是一种通用的开源脚本语言。语法吸收了C、Java和Perl等特点，利于学习，使用广泛，主要适用于Web开发领域。PHP执行效率比完全生成HTML标记的CGI要高许多；PHP还可以执行编译后代码，编译可以达到加密和优化代码运行，使代码运行更快。



## 1.使用官方镜像

第一步，在PHP项目的根目录中新建一个Dockerfile：

```
FROM php:5.6-cli
COPY . /usr/src/myapp
WORKDIR /usr/src/myapp
CMD [ "php", "./hello.php" ]
```

新建hello.php文件：

```
<?php
    echo "hello php\n"
?>
```

第二步，运行docker build命令构建镜像：

```
$ docker build -t php-image .
```

最后，执行以下命令去运行Docker镜像：

```
$ docker run -it --rm --name php-container php-image
hello php
```

## 2.挂载PHP项目

如果读者需要运行简单的，甚至单文件的PHP项目，那么每次都写Dockerfile会很麻烦。这种情况下，可以用以下命令挂载PHP项目：

```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w
/usr/src/myapp php:5.6-cli php your-script.php
```

## 3.配合Apache使用

通常情况下，PHP项目需要和Apache httpd/Nginx一起运行，这样就需要PHP容器中内含Apache Web Server。读者可以使用带有apache标签的镜像，如php: 5.6-apache。

第一步，在读者的PHP项目的根目录中新建一个Dockerfile，并使用Docker Hub官方的基础镜像：

```
FROM php:5.6-apache
COPY src/ /var/www/html/
```

---

其中，src/是当前包含所有PHP代码的目录。

第二步，使用此Dockerfile构建自定义镜像：

```
$ docker build -t my-php-app .
```

---

第三步，创建并运行此镜像：

```
$ docker run -it --rm --name my-running-app my-php-app
```

---

笔者建议添一个自定义的php.ini配置文件，将其拷贝到/usr/local/lib。这样读者可以对PHP项目做更多的定制化，如开启某些PHP插件，或者对PHP解释器进行一些安全/性能相关的配置。添加方法很简单：

```
FROM php:5.6-apache
COPY config/php.ini /usr/local/lib/
COPY src/ /var/www/html/
```

---



提示

src/是当前存放PHP代码的文件夹，config/文件夹包含php.ini文件。

如果读者希望直接使用官方镜像运行PHP项目，可以执行如下命令：

```
$ docker run -it --rm --name my-apache-php-app -v "$(pwd)":/var/www/html php:5.6-apache
```

---

## 14.7 Ruby

Ruby是一种动态的面向对象的脚本语言，具有支持反射、跨平台、设计精简等特点，在Web应用领域应用颇多。Ruby的设计受到Perl、Smalltalk、Eiffel、Ada和Lisp的影响。Ruby支持多种编程范式，如函数编程、面向对象编程、CLI交互式编程。Ruby还有动态的数据类型系统和自动的内存管理。

# Ruby





## 14.7.1 使用Ruby官方镜像

首先，在Ruby项目中创建一个Dockerfile：

```
FROM ruby:2.1.2-onbuild  
CMD ["./rb-sample.rb .rb"]
```

然后，新建rb-sample.rb例子程序：

```
say = "I love Ruby"  
3.times { puts say }
```

将以上文件放在app的根目录（与Gemfile同级）。



注意

使用的官方镜像带有onbuild标签，意味着包含了启动大部分Ruby项目所需的基本指令。在构建镜像的时候，Docker会执行COPY./usr/src/app以及RUN bundle install。

然后，构建名为ruby-image的镜像：

```
$ docker build -t ruby-image .
```

最后，创建并运行此镜像：

```
$ docker run -it --name ruby-container ruby-image
```

由于在构建时使用了带有onbuild标签的镜像，所以在app目录下需要有Gemfile.lock文件。可以在App的根目录运行以下命令：

```
$ docker run --rm -v "$(pwd)":/usr/src/app -w /usr/src/app ruby:2.1.2 bundle  
install --system
```

如果读者只需要运行单个的Ruby脚本，那么无需使用Dockerfile构建自定义镜像，而是通过以下命令直接使用官方Ruby镜像，带参数运行容器：

---

```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w /usr/src/myapp ruby:2.1.2 ruby your-daemon-or-script.rb
```

---

## 14.7.2 JRuby

JRuby类似于Python的Jython，它可运行于JVM上并支持Java的接口和类。



第一步，用户在JRuby项目中创建一个Dockerfile：

---

```
FROM jruby:1.7.24-onbuild  
CMD ["./jruby-sample.rb"]
```

---

第二步，新建Ruby示例代码jruby-sample.rb：

---

```
say = "I love JRuby"  
3.times { puts say }
```

---

---

将此文件放在app的根目录（与Gemfile同级）。



注意

使用的官方镜像带有onbuild标签，意味着包含了启动大部分JRuby项目所需的基本指令。在构建镜像的时候，会执行COPY./usr/src/app以及RUN bundle install。

第三步，构建自定义镜像：

---

```
$ docker build -t jruby-image .
```

---

第四步，创建并运行此镜像：

---

```
$ docker run -it --name jruby-container jruby-image
```

---

由于在构建时使用了带有onbuild标签的镜像，所以在app目录下需要有Gemfile.lock文件。这时可以在app的根目录运行以下命令：

---

```
$ docker run --rm -v "$(pwd)":/usr/src/app -w /usr/src/app jruby:1.7.15 bundle install --system
```

---

如果读者只需要运行单个的JRuby脚本，那么无需使用Dockerfile构建自定义镜像，而是通过以下命令直接使用官方JRuby镜像，带参数运行容器：

---

```
$ docker run -it --rm --name my-running-script -v "$(pwd)":/usr/src/myapp -w /usr/src/myapp jruby:1.7.15 jruby your-daemon-or-script.rb
```

---

### 14.7.3 Ruby on Rails

Rails是使用Ruby语言编写的网页程序开发框架，目的是为开发者提供常用组件，简化网页程序的开发。只需编写较少的代码，就能实现

其他编程语言或框架难以企及的功能。经验丰富的Rails程序员会发现，Rails让程序开发变得更有乐趣。



## 1.使用官方镜像

第一步，用户在Rails项目中创建一个Dockerfile，将此文件放在项目根目录（与Gemfile同级），Dockerfile内容如下：

```
FROM rails:onbuild
```

可见用户使用了onbuild标签，即此基础镜像会自行完成一些基本的构建工作并包含了大部分启动一个Rails项目所需的基本指令。

Dockerfile内容如下：

```
FROM ruby:2.3
# throw errors if Gemfile has been modified since Gemfile.lock
RUN bundle config --global frozen 1
RUN mkdir -p /usr/src/app
WORKDIR /usr/src/app
ONBUILD COPY Gemfile /usr/src/app/
ONBUILD COPY Gemfile.lock /usr/src/app/
ONBUILD RUN bundle install
ONBUILD COPY . /usr/src/app
```

第二步，构建自定义镜像：

```
$ docker build -t rails-image .
```

第三步，创建并运行此镜像：

```
$ docker run --name rails-container -d rails-image
```

此时用户可以使用浏览器访问<http://container-ip:3000>查看服务，当然，也可以映射到本地主机端口。

```
$ docker run --name some-rails-app -p 8080:3000 -d my-rails-app
```

现在读者可以使用浏览器访问<http://localhost:8080>或者<http://host-ip:8080>。

## 2.使用Compose搭建Rails应用

下面使用Docker  
Rails+PostgreSQL应用。

Compose来配置和运行一个简单的

第一步，确定项目文件夹内容。新建一个名为rails-compose-example的项目文件夹，在其根目录新建一个Dockerfile文件，内容如下：

---

```
FROM ruby:2.2.0
RUN apt-get update -qq && apt-get install -y build-essential libpq-dev
RUN mkdir /code
WORKDIR /code
ADD Gemfile /code/Gemfile
ADD Gemfile.lock /code/Gemfile.lock
RUN bundle install
ADD . /code
Gemfile内容如下:
source 'https://rubygems.org'
gem 'rails', '4.2.0'
```

---

下面用户新建docker-compose.yml文件，内容如下：

---

```
version: '2'
services:
  db:
    image: postgres
  web:
    build: .
    command: bundle exec rails s -p 3000 -b '0.0.0.0'
    volumes:
      - ./myapp
    ports:
      - "3000:3000"
    depends_on:
      - db
```

---

第二步，构建Rails项目。可以使用docker-compose run指令构建并启动此Rails项目：

---

```
$ docker-compose run web rails new . --force --database=postgresql --skip-bundle
```

---

## 14.8 Perl

Perl是一个高级的、动态的解释型脚本语言，它的设计借鉴了C、Shell、awk和sed。Perl最重要的特性是它内部集成了正则表达式的功能，以及巨大的第三方代码库CPAN。Perl像C一样强大，同时像awk、sed等脚本语言一样富有表达性。Perl常见于系统管理和文件处理等程序，Perl多数情况下属于Web方案中的胶水语言。



可以使用Docker官方的Perl镜像作为基础，在此之上进行必要的定制。

第一步，下载官方的Perl镜像：

---

```
$ docker pull perl
```

---

如果读者对Perl的版本有要求，可以在以上命令中加入Tag标签，以便于在下一步的Dockerfile的FROM指令中明确Perl版本号。官方镜像都有明确的标签信息。



## 第二步，在Perl项目中新建Dockerfile:

```
FROM perl:5.20
COPY . /usr/src/myapp
WORKDIR /usr/src/myapp
CMD [ "perl", "./perl-sample.pl" ]
```

## 新建perl-sample.pl文件:

```
#!/usr/bin/perl
print "Hello, World!\n";
```

## 第三步，通过此Dockerfile，构建自定义的镜像:

```
$ docker build -t perl-image .
```

## 构建成功后，用户可以通过docker images查看:

```
$ docker images
REPOSITORY          TAG         IMAGE ID      CREATED        VIRTUAL SIZE
perl-image          latest      bc28eba086ad  About a minute ago  654.9 MB
```

## 最后，创建容器并运行:

```
$ docker run -it --rm --name perl-container perl-image
Hello, World!
```

如果读者只需要运行单个的Perl脚本，那么无需使用Dockerfile构建自定义镜像，而是通过以下命令直接使用官方Perl镜像，带参数运行容器:

```
$ docker run -it --rm --name perl-container -v "${PWD}":/usr/src/myapp -w
/usr/src/myapp perl:5.20 perl perl-sample.pl
Hello, World!
```

如果读者需要运行Perl的Web项目，则最好先自建内置SSH服务的镜像，然后以此为基础定制Perl容器，这样可以方便地通过SSH服务访问Perl容器。

## 14.9 R

R是一个面向统计分析和绘图的语言，是由新西兰奥克兰大学统计学系的Ross Ihaka和Robert Gentleman共同创立。R带有大量的统计软件包，如常见的贝叶斯推断、聚类分析、机器学习、空间统计、稳健统计等，在生物信息、统计学等领域应用广泛。



Rocker项目是一个Docker官方支持的项目，它提供了R语言的容器环境支持。官方提供的r-base镜像就是基于Rocker项目的。

## 1.运行交互式R语言环境

可以直接运行官方提供的r-base镜像，进入交互模式的R环境：

```
$ docker run -ti --rm r-base
```

退出交互命令行时，可以使用quit()指令，此时可以选择是否保存工作空间：

```
> quit()
Save workspace image? [y/n/c]:
```

## 2.运行R语言批量模式

可以通过连接工作目录，来运行R语言的批量指令。把一个卷（volume）连接至容器时，最好使用一个非根用户，这样可以避免权限问题：

```
$ docker run -ti --rm -v "$PWD":/home/docker -w /home/docker -u docker r-base R
CMD check .
* using log directory '/home/docker/..Rcheck'
* using R version 3.3.0 (2016-05-03)
* using platform: x86_64-pc-linux-gnu (64-bit)
* using session charset: UTF-8
* checking for file './DESCRIPTION' ... NO
* DONE
Status: OK
```

## 3.运行R语言命令行模式

可以直接进入R容器的bash命令行：

```
$ docker run -ti --rm r-base bash
root@4a0bba3f4cb4:/#
```

在bash中如果希望进入R语言交互命令行，可以直接输入R：

```
root@4a0bba3f4cb4:/bin# R
>
```

可以使用vim.tiny编辑器，新建r-demo.R脚本：

```
print("Hello,World!")
```

保存后，就可以使用Rscript指令运行此脚本：

```
root@4a0bba3f4cb4:/bin# Rscript demo.R
Rscript demo.R
[1] "Hello,World!"
```

还可以在R语言交互命令行中运行R脚本。首先，在容器中新建hi.R脚本：

```
hello <- function( name ) {
  sprintf( "Hello, %s", name );
}
```

然后直接输入R指令进入交互命令行，使用source()函数加载脚本，再使用hello()函数调用用户的打印逻辑：

```
> source('/bin/hi.R')
> hello('docker')
[1] "Hello, docker"
>
```

## 4.使用自定义容器

在用户将手头的R项目容器化的过程中，往往需要加入自己的环境构建逻辑，也需要运行自定义容器。这种情况下，用户就需要基于官方提供的r-base基础镜像，完成自定义的Dockerfile，例如：

```
FROM r-base:latest
COPY . /usr/local/src/r-scripts
WORKDIR /usr/local/src/r-scripts
CMD ["Rscript", "running-r-scripts.R"]
```

其中running-r-scripts.R内容可以简写为：print("My R Container! ")  
然后，使用docker build指令构建：

```
$ docker build -t my-r-container /directry/of/Dockerfile
```

然后使用docker run指令运行容器，并通过docker ps指令查看运行状态：

---

```
$ docker run -d my-r-container
e86739e8226a081372d9bb0fb9f62a32405814b5172a543487b0751839c2e57f
docker ps -a
CONTAINER ID   IMAGE          COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS
e86739e8226a   my-r-container "Rscript running-r-sc"   ..ago         Exited       (0)
```

---

## 14.10 Erlang

Erlang是一种用来构建大规模弹性、实时、高并发、高可用系统的编程语言，被广泛应用于电信、银行、电子商务和即时消息领域。

Erlang的运行时系统内置支持并发、分布式和容错机制。Erlang由爱立信所辖的CS-Lab于1987年开发，目的是创造一种可以应对大规模并发活动的编程语言和运行环境。



**ERLANG**



## 1.使用官方镜像

可以使用erlang镜像，直接进入Erlang交互命令行Eshell:

```
$ docker run -it --rm erlang:latest
Erlang/OTP 18 [erts-7.3.1] [source] [64-bit] [async-threads:10] [hipe] [kernel-poll:false]
Eshell V7.3.1 (abort with ^G)
1> uptime().
3 minutes and 3 seconds
ok
2>
```

可以使用ctl+G进入任务切换模式，其中j为列出所有任务:

```
User switch command
--> j
    1* {shell,start,[init]}
--> q
$ docker run -it --rm -h erlang.local erlang erl -name allen
Erlang/OTP 18 [erts-7.3.1] [source] [64-bit] [async-threads:10] [hipe] [kernel-poll:false]
Eshell V7.3.1 (abort with ^G)
(allen)1> erlang:system_info(otp_release).
"18"
(allen)2>
User switch command
--> q
```

## 2.直接运行Erlang脚本

可以直接使用docker run指令，通过escript运行Erlang脚本。下面以斐波那契数列作为例子进行讲解。

首先，新建fab.erl文件:

```
#!/usr/bin/env escript
%% -*- erlang -*-
main([String]) ->
    try
        N = list_to_integer(String),
        F = fac(N),
        io:format("factorial ~w = ~w\n", [N,F])
    catch
        _:_ ->
            usage()
    end;
main(_) ->
    usage().
usage() ->
    io:format("usage: factorial integer\n"),
    halt(1).
fac(0) -> 1;
fac(N) -> N * fac(N-1).
```

保存后，使用docker run指令运行:

```
$ docker run -it --rm --name erlang-inst1 -v "$PWD":/usr/src/myapp -w /usr/src/
myapp erlang escript fab.erl 5
factorial 5 = 120
```

---

可见已输出factorial 5=120计算结果。

## 14.11 本章小结

本章主要介绍了如何使用Docker搭建主流编程语言及其常用开发框架环境，包括C、C++、Java、Python、JavaScript、Go、PHP、Ruby、Perl、R、Erlang等。

一方面，读者可以很容易地从Docker Hub获取官方镜像并使用，另一方面，用户也可以基于基础镜像定制所需的镜像文件。通过这些实践案例，相信读者能体会到更多合理使用容器化方案，给开发和部署带来的诸多优势。

## 第15章 容器与云服务

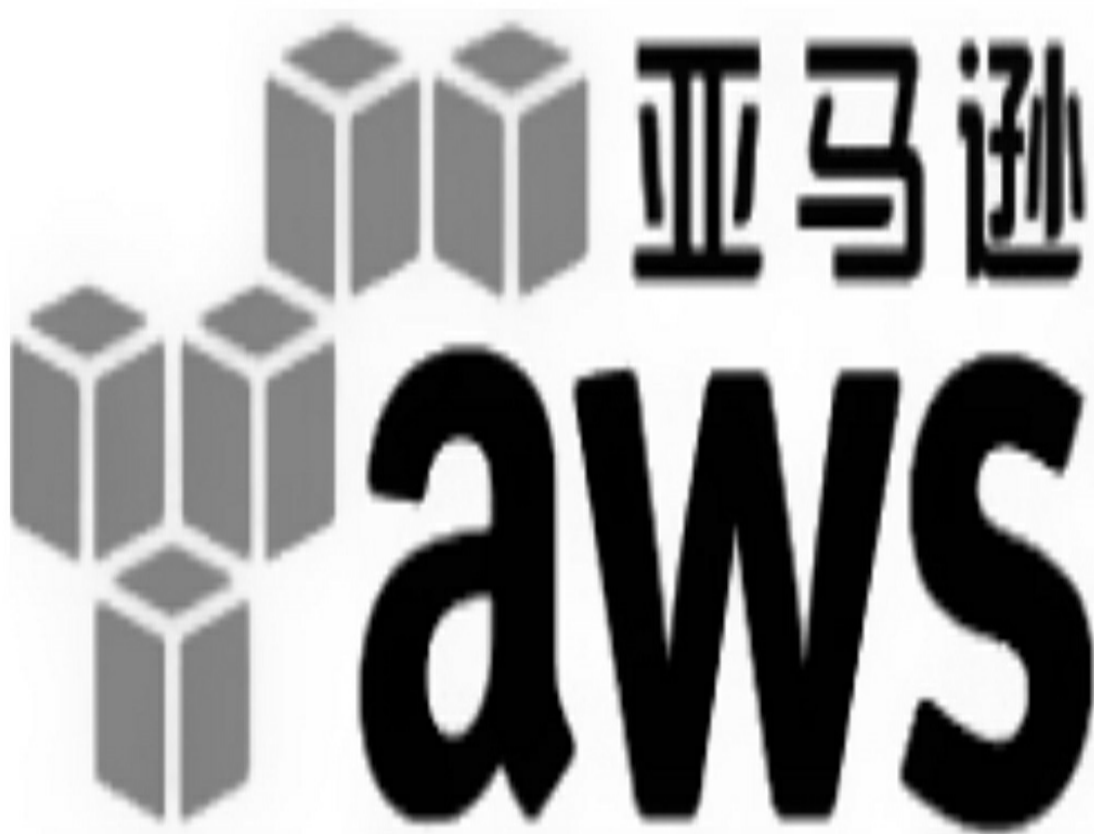
Docker目前已经得到了众多公有云平台的支持，并成为除虚拟机之外的核心云业务。

除了AWS、Google、Azure、Docker官方云服务等，国内的各大公有云厂商，基本上都同时支持了虚拟机服务和容器服务，甚至还专门推出了容器云业务。

本章将介绍国际和国内知名的公共云容器服务以及容器云的现状，功能与特性，并以阿里云和时速云为例讲解具体使用过程，方便希望使用云服务的读者进行技术选型。

## 15.1 公有云容器服务

公有云（Public Cloud）是标准云计算（Cloud Computing）的一种服务模式。服务供应商创造公有计算资源，如网络和存储资源。公众与企业可以通过公共网络获取这些资源。目前国内已经有很多公有云厂商，他们都提供可以运行Docker环境的虚拟机，同时一部分公有云厂商已经发布了自己的容器服务。



### 15.1.1 AWS

AWS，即Amazon Web Services，是亚马逊（Amazon）公司的IaaS和PaaS平台服务。AWS提供了一整套基础设施和应用程序服务，使用户几乎能够在云中运行一切应用程序：从企业应用程序和大数据项目，到社交游戏和移动应用程序。AWS面向用户提供包括弹性计算、存储、数据库、应用程序在内的一整套云计算服务，能够帮助企业降低IT投入成本和维护成本。

自2006年初起，亚马逊AWS开始在云中为各种规模的公司提供技术服务平台。利用亚马逊AWS，软件开发人员可以轻松购买计算、存储、数据库和其他基于Internet的服务来支持其应用程序。开发人员能够灵活选择任何开发平台或编程环境，以便于其尝试解决问题。由于开发人员只需按使用量付费，无需前期资本支出，亚马逊AWS是向最终用户交付计算资源、保存的数据和其他应用程序的一种经济划算的方式。

2015年AWS正式发布了容器服务（ECS），如图15-1所示。ECS的目的是让Docker容器变得更加简单，它提供了一个集群和编排的层，用来控制主机上的容器部署，以及部署之后集群内容器的生命周期管理。ECS是诸如Docker Swarm、Kubernetes、Mesos等工具的替代，它们工作在同一个层，除了作为一个服务来提供。这些工具和ECS不同的地方在于，前者需要用户自己来部署和管理，而ECS是“作为服务”来提供的。

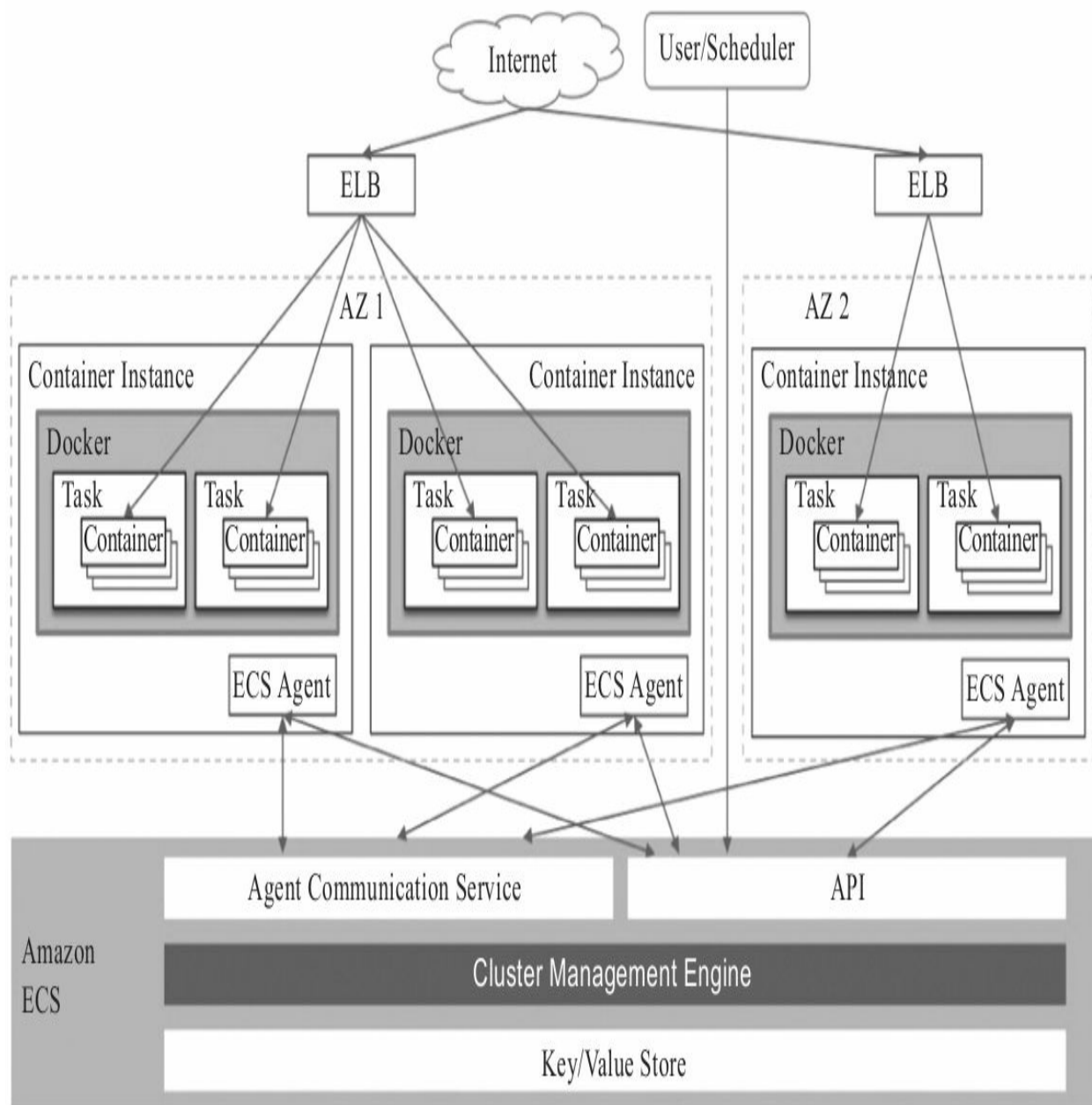
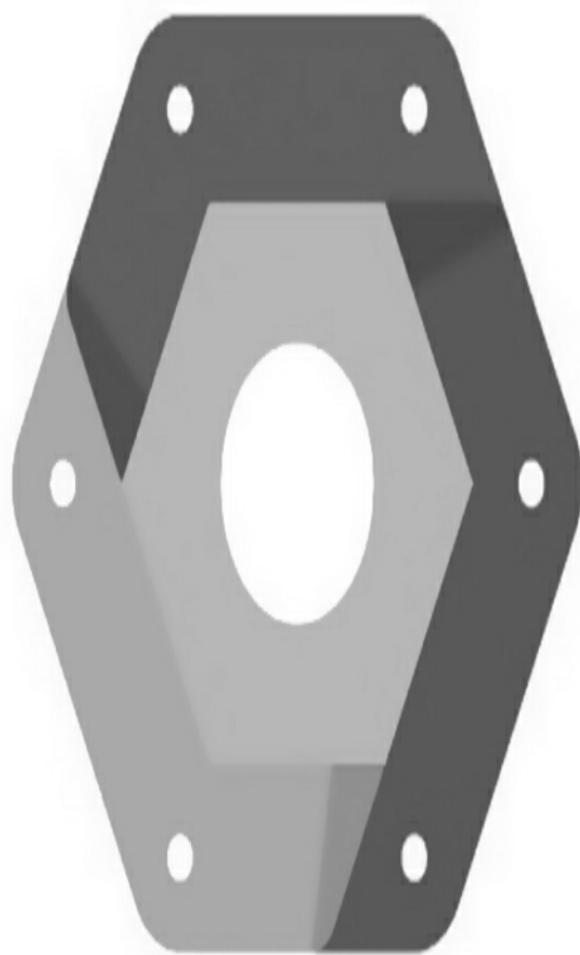


图15-1 AWS容器服务

### 15.1.2 Google Cloud Platform

Google Cloud Platform (GCP) 平台提供了丰富全面的云产品，可以让企业专注于自己的业务，而将IT底层架构托管给谷歌。谷歌云平台支持App引擎、容器引擎、容器仓库，还支持丰富的数据库、网络、安全、大数据，甚至机器学习产品。Google云平台发布了Google容器引擎，图15-2描述了如何在开发场景中使用Google容器引擎。



# Google Cloud Platform

Google容器引擎有以下特性：

·**自动化容器管理：**Google Container Engine是一个强大的集群管理和编排系统。这个容器引擎可以按需将Docker容器编排至集群中自动运行，同时可以自定义CPU和内存等配置。此引擎基于Kubernetes，它可



以提供弹性，高可用的云基础服务。

- 分钟级构建集群：使用谷歌容器服务，用户可以在分钟级别构建完整的集群，包含健康检查、日志服务，以及应用管理系统。

- 弹性与开源：Red Hat、Microsoft、IBM、Mirantis OpenStack以及VMware都完成了它们的系统与Kubernetes的兼容或集成。用户可以平滑搭建混合云，也可以平滑迁移系统到云上。

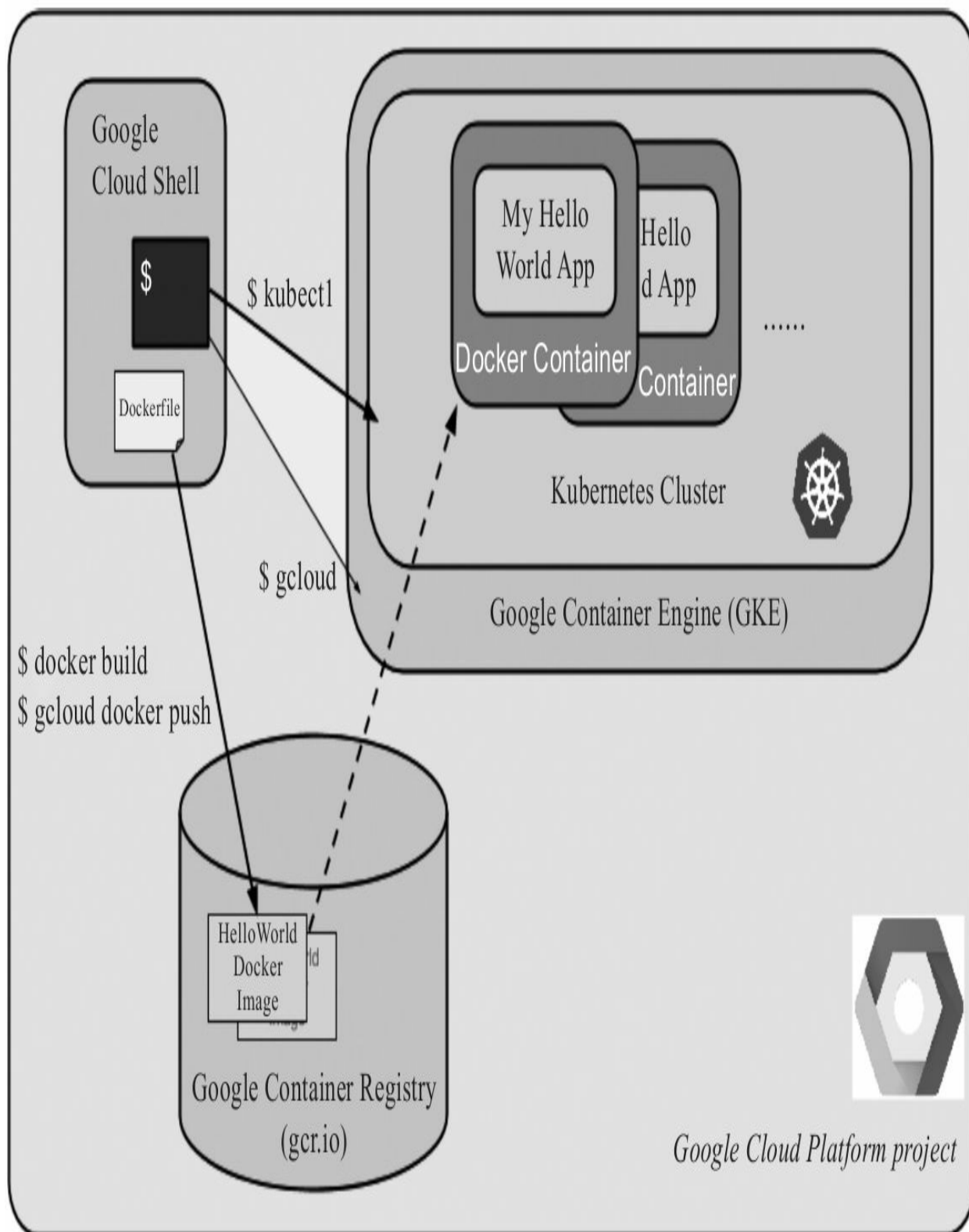


图15-2 GCP容器服务的开发场景

### 15.1.3 Azure

微软Azure在国内是由世纪互联运营的，它是在中国大陆独立运营的公有云平台，与全球其他地区由微软运营的Azure服务在物理上和逻辑上独立。采用微软服务于全球的Azure技术，为客户提供全球一致的服务质量保障。位于上海和北京的数据中心在距离相隔1000公里以上的地理位置提供异地复制，为Azure服务提供了业务连续性支持，实现了数据的可靠性。



在容器方面，从2014年开始，Azure首先采取了在Linux虚拟机上兼容Docker的方式来吸引社区的开发者。2014年进一步宣布与Google和Docker合作，以此支持Kubernetes和Swarm开源项目在其云平台上的运行。Docker官方也推出了Docker Machine的Azure版本。2015年，Azure

发布了Azure容器服务（Azure Container Service, ACS），同时支持Docker Swarm和Apache Mesos集群编排工具。

#### 15.1.4 腾讯云

腾讯云在架构方面经过多年积累，并且有着多年对海量互联网服务的经验。不管是社交、游戏还是其他领域，都有多年的成熟产品来提供产品服务。腾讯在云端完成重要部署，为开发者及企业提供云服务、云数据、云运营等整体一站式服务方案。



具体包括云服务器、云存储、云数据库和弹性Web引擎等基础云服务，腾讯云分析（MTA）、腾讯云推送（信鸽）等腾讯整体大数据能力，以及QQ互联、QQ空间、微云、微社区等云端链接社交体系。这些正是腾讯云可以提供给这个行业的差异化优势，造就了可支持各种互联网使用场景的高品质的腾讯云技术平台。

2015年1月6日，腾讯云正式宣布成支持Docker Machine，并将自身定位于Docker基础设施的服务商。与此同时，在支持Docker Machine前提下，腾讯云也推出了常用系统的标准版Docker镜像，方便用户创建容器。

### 15.1.5 阿里云

阿里云创立于2009年，是中国较早的云计算平台。阿里云致力于提供安全、可靠的计算和数据处理能力。阿里云的客户群体中，活跃着微博、知乎、魅族、锤子科技、小咖秀等一大批明星互联网公司。在天猫双11全球狂欢节等极富挑战的应用场景中，阿里云保持着良好的运行记录。



阿里云容器服务提供了高性能、可伸缩的容器应用管理服务，支持在一组云服务器上通过Docker容器来进行应用生命周期管理。容器服务极大简化了用户对容器管理集群的搭建工作，无缝整合了阿里云虚拟化、存储、网络和安全能力。容器服务提供了多种应用发布方式和流水线般的持续交付能力，原生支持微服务架构，助力用户无缝上云和跨云管理。

### 15.1.6 华为云

华为云已经正式推出了云容器服务——CCE（Cloud Container Engine）容器引擎，该服务基于以Docker为代表的容器技术，旨在提供从开发、构建、部署/托管、监控、弹性伸缩、故障恢复等全生命周期

的一站式解决方案。CCE容器引擎自上线以来，已经在多个行业市场取得重大进展，在“互联网、金融、政企”等领域与多家合作伙伴达成合作。



通过CCE容器引擎，可以创建自己的私有集群，系统支持容器集群的全生命周期管理和可视化监控运维。还可以秒级构建不同形态和规模的应用程序，兼容业界Docker等生态，并支持应用的弹性伸缩和丰富的监控告警服务。

### 15.1.7 UCloud

UCloud是基础云计算服务提供商，长期专注于移动互联网领域，深入了解移动互联网业务场景和用户需求。针对特定场景，UCloud通过自主研发提供一系列专业解决方案，包括计算资源、存储资源和网络资源等企业必须的基础IT架构服务，满足互联网研发团队在不同场景下的各类需求。已有数千家移动互联网团队将其核心业务迁移至UCloud云计算服务平台上。依托位于国内、亚太、北美的全球10大数据中心以及北、上、广、深、杭等全国11地线下服务站，UCloud已为近4万家企业级客户提供服务。



UCloud容器集群服务是可灵活便捷使用的容器服务，资源可分布于多个可用区，具有更高容灾能力。支持用户自由创建管理，可以灵活绑定一个或多个EIP并具有独立的内网IP及独立的防火墙。

# 15.2 容器云服务

容器即服务（Contaner as a Service, CaaS）可以按需提供容器化环境  
和应用服务。具体说来，CaaS提供一个受控的、安全的应用环境，让  
开发人员以自助的方式构建和部署应用，如图15-3所示。

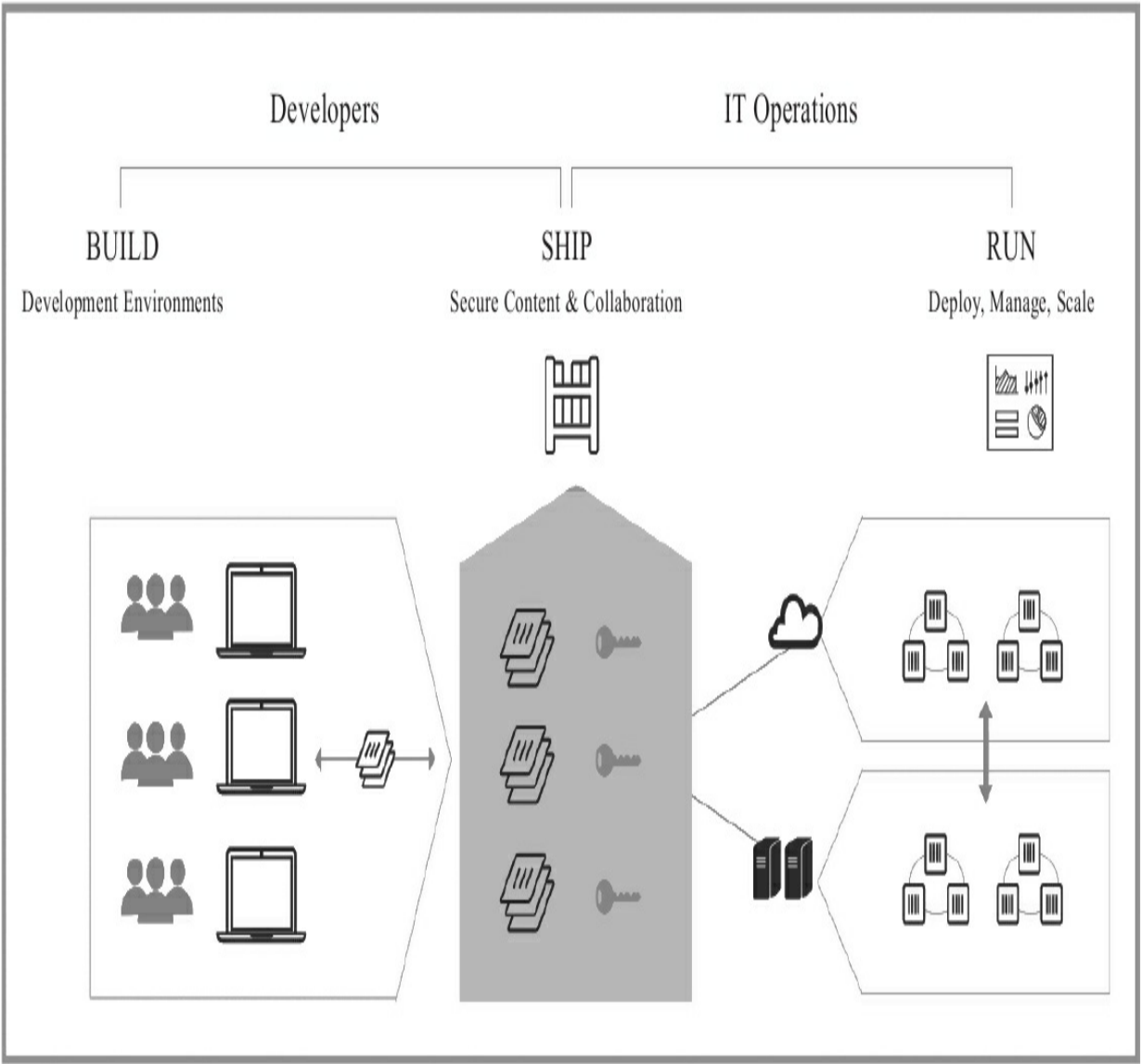


图15-3 CaaS Workflow

开发和运维团队（Developers）通过Docker Registry相互协作。  
Registry服务维护一个安全的经过签名的映像仓库。开发者  
（Developers）可以通过Registry服务将应用镜像拉取至本地，并按自己



的意愿构建应用。当应用通过集成测试后，开发者将其推送至Registry，这样既可保存最新版本的镜像。以上的应用部署可以完全自动化。

CaaS的崛起将促进Ops-originated类型的程序交付。开发与运维之间的平衡、灵活性和控制将会改善。基于容器的服务将发展到以运维主导，代替原来的开发者模型，开发和运维将共享开发生命周期。当然，容器也将成为生产主流。

### 15.2.1 基本要素与关键特性

一般而言，CaaS应该可以提供容器运行平台，并管理容器所需资源；基于IaaS提供灵活的网络与部署能力；支持多租户；支持高弹性。具体而言，CaaS有以下基本要素：

- 容器调度：调度和管理容器；
- 服务发现：将容器化的服务，注册到服务发现工具，确保服务之间的通信；
- 网络配置：用户可访问容器，并实现跨主机容器通信；
- 安全配置：只开放容器监听的端口；
- 负载均衡：避免单点过载；
- 数据持久化：容器内数据云端持久化；
- 容错与高可用：日志与管理，容器监控；
- CaaS的关键特性：
  - 开发者和运维角色的进一步有机融合。
  - 容器化应用程序生命周期的所有阶段。
  - 让开发者更加关注构建应用本身，而无需关注运行环境。
  - 支持多种底层基础设施，包括多种操作系统和平台。

- API变得越来越重要，不同服务之间通过API相互调用。

### 15.2.2 网易蜂巢

网易蜂巢是网易基于自研IaaS平台深度优化，推出的一款采用Docker容器化技术的新一代云计算平台，全面助力加速研发全流程。拥有BGP多线接入，全万兆网络，全SSD存储等优质硬件资源，自底向上确保安全、极速、稳定的研发体验，参见图15-4。



网易蜂巢主要提供三大产品：

- 容器云：蜂巢提供企业级的容器云平台，支持应用集群一键部署，云计算资源弹性扩展，Docker官方镜像加速。此外蜂巢还支持负载均衡以及镜像仓库服务；

- 平台服务：蜂巢提供高性能、高可用、高可靠的数据库和缓存服务，与容器云相辅相成，让开发者可以专注于应用开发和业务发展。此外蜂巢平台服务还提供对象存储以及安全服务；

·运维工具：蜂巢提供性能监控、报警，日志采集等运维工具，提升开发、运维效率，同时提供OpenAPI，灵活管理资源。

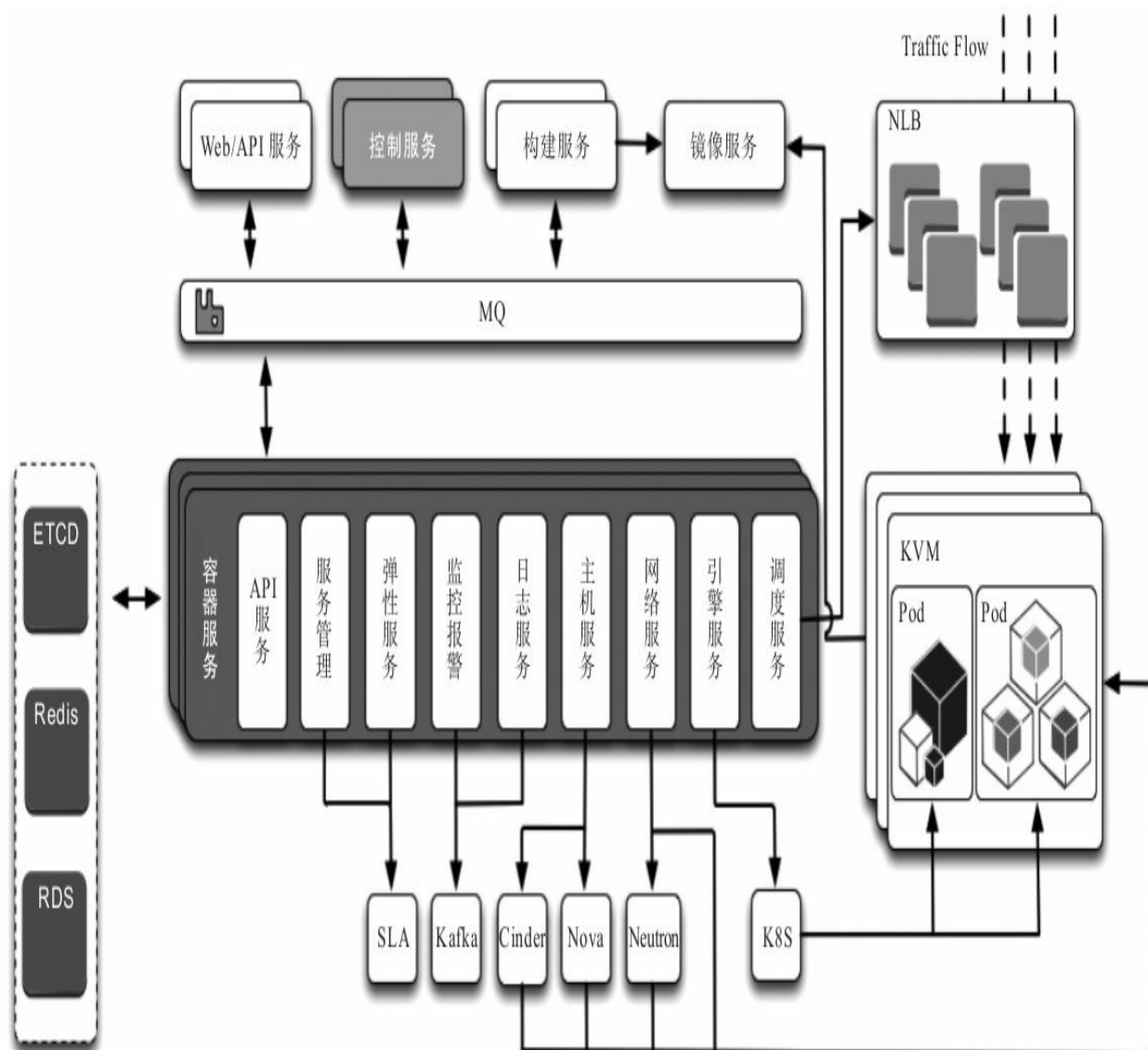


图15-4 网易蜂巢CaaS架构示意图

容器是蜂巢提供的计算资源最小单位，而要实现一个可水平扩展的产品服务端架构，则需要引入集群的概念，在网易蜂巢中称之为“服务”，集群的运维如发布、回滚、扩容、缩容以及集群的成员管理需要引入编排服务来实现。网易蜂巢的编排服务基于开源项目Kubernetes，编排服务将受控的资源抽象为三个层次：

·容器：软件及运行环境；

- Pod: 相关联的容器的组合, 相互间通信无需跨网络, 例如应用服务器和本地缓存, 可以容纳一个或多个容器;

- Node: 提供计算、网络、存储的资源节点, 可以容纳一个或多个Pod。

### 15.2.3 时速云

时速云是国内领先的容器云平台 and 解决方案提供商。基于Docker为代表的容器技术, 为开发者和企业提供应用的镜像构建、发布、持续集成/交付、容器部署、运维管理的新一代云计算平台。其中包括标准化、高可用的镜像构建, 存储服务、大规模、可伸缩的容器托管服务, 及自有主机集群混合云服务。时速云致力打造下一代以应用为中心的云计算平台, 帮助客户优化开发运维环节, 提高业务效率, 降低IT成本, 实现持续创新。



时速云

tenxcloud.com

时速云做基于Kubernetes的CaaS平台，以容器化应用作为交付的标准，立足于公有云，为开发者和企业提供了一个快速构建、集成、部署、运行容器化应用的平台，帮助开发者和企业提高应用开发的迭代效率，简化运维环节，降低运维成本。客户包括华大基因、京东方、中国移动、新浪、腾讯等重量级用户。

时速云拥有四大核心产品线，包括：

- 企业级容器云平台：兼具IaaS的便利，PaaS的简单，原生集群快速创建，上千节点集群的快速调度、部署。

- 企业级镜像仓库：集群化部署、多角色权限控制、集成企业LDAP、增强扩展组件、可视化管理。

- 持续集成和持续交付（CI/CD）：轻松云端构建、定制集成、部署规则、事件触发定义、关键环节审核。

- 镜像及安全服务中心：多层次镜像扫描、服务安全防护、可视化审查、第三方规则接入。

## 15.2.4 Daocloud

Daocloud成立于2014年末，是新一代容器云计算领域的明星企业。DaoCloud产品线涵盖互联网应用的开发、交付、运维和运营全生命周期，并提供公有云、混合云和私有云等多种交付方式。参见图15-5。



**DAO**CLOUD

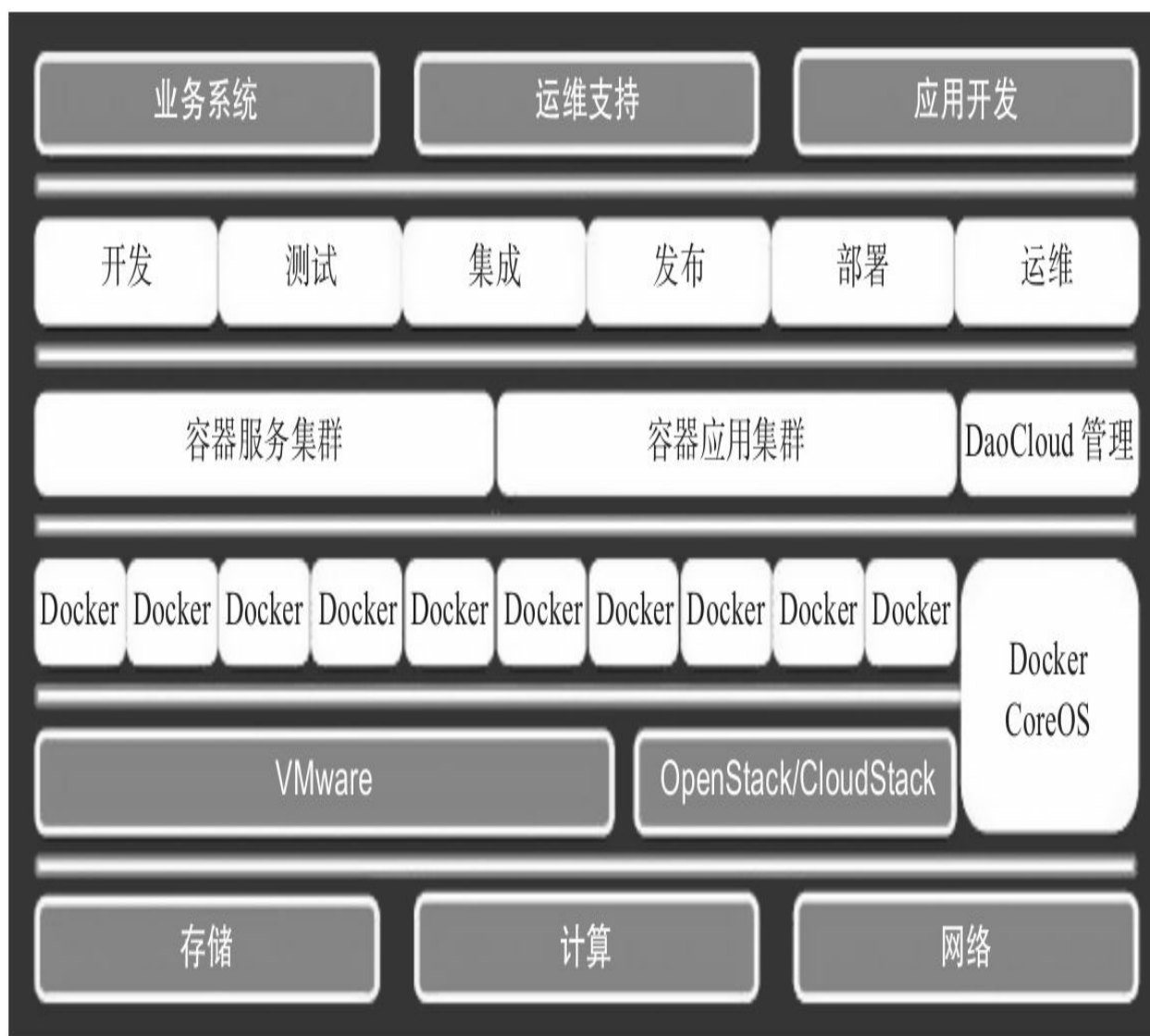


图15-5 Daocloud CaaS平台

除了公有云服务开始商用之外，DaoCloud还公布了面向大型企业用户，以混合云方式交付的托管云和私有云服务。在企业既有IT框架内，针对具体企业业务需求，定制高度可控的跨云跨网的混合式容器云平台，帮助企业打造支撑互联网级业务的基础设施。

DaoCloud对国内容器技术社区有不间断的技术和资源投入，Docker Hub加速器在国内被开发者广泛使用，并承诺为开发者提供永久免费的社区资源服务。

### 15.2.5 灵雀云



灵雀云成立于2014年10月，总部位于美国西雅图市，是微软创投加速器成员。云雀科技致力于提供简单快捷的云平台和服务，帮助客户提高开发部署效率，降低客户IT成本，并使客户可以专注于核心业务。云雀科技产品线以容器这个新一代应用交付件为中心，全方位支持云端应用创建、编译、集成、部署、运行的每一个环节。



灵雀云产品线包括Docker托管服务和镜像服务。Docker托管服务提供高效，高可用的运行环境，并支持自动化部署。Docker托管服务还提供自动修复，自动扩展，负载均衡等服务，并在此基础上提供可扩展的监控，日志管理系统。镜像服务提供高性能本地Registry服务用于创建私有，公有镜像仓库，提供上传，下载，构建及托管的全方位镜像服务。目前，灵雀云已经在北京区，上海区和香港区搭建了基于Azure的CaaS服务体系。

### 15.2.6 数人云

数人云由原Google架构师王璞博士于2014年创立，致力于打造下一代轻量级PaaS平台，将应用弹性做到极致。“数人云”是一款部署在公有

云、私有云以及混合云之上的企业级云操作系统，旨在帮助用户在云端快速建立并稳定运行一个高性能生产环境，将应用弹性做到极致，实现一站式的微服务架构集群系统，参见图15-6。



图15-6 数人云平台

“数人云”的云操作系统，是一款部署在公有云或者私有云（IDC）之上的应用运维软件，旨在帮助用户在云端快速建立并稳定运维一个高性能生产环境。基于领先的Mesos和Docker技术，数人云可为用户的业务系统带来高可用的服务质量，快速的性能伸缩，高效的资源利用以及便捷的可视化管理和监控；同时，数人云保证用户的计算资源和数据完全为用户私有可控。

## 15.3 阿里云容器服务

ACS（Alicloud Container Service，阿里云容器服务）是一种高性能可伸缩的容器管理服务，支持在一组阿里云云服务器上通过Docker容器来运行或编排应用。ACS让用户可以轻松的进行容器管理集群的搭建。此外，ACS整合了负载均衡、专有网络等丰富的阿里云云产品，足以支撑企业级IT架构的云化与容器化，微服务化。用户还可以通过阿里云控制台或Restful API（兼容Docker API）进行容器生命周期管理，参见图15-7。



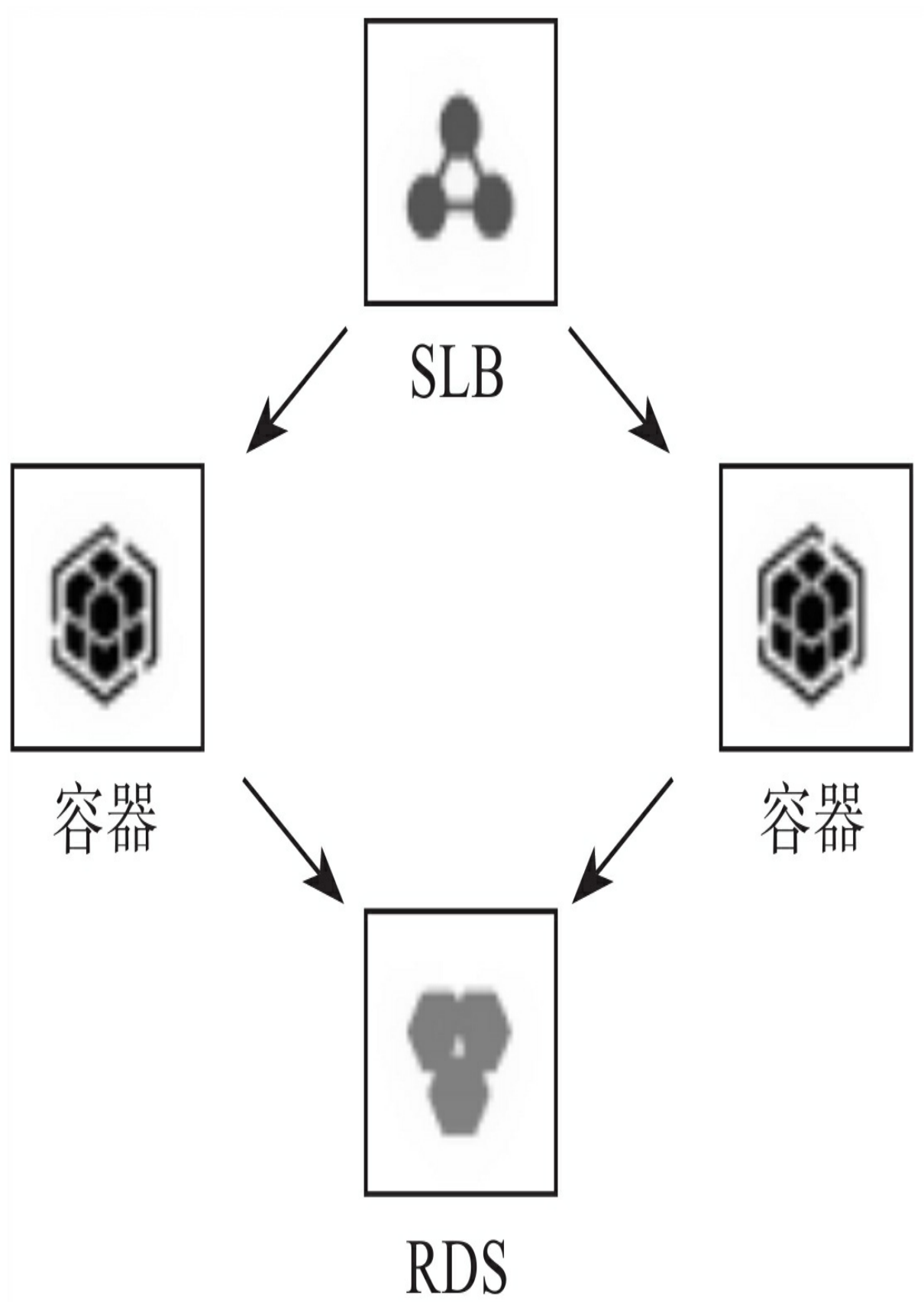


图15-7 阿里云容器服务

ACS容器服务具有以下优势：

- 简单易用：一键创建容器集群；全兼容Docker Compose模板编排应用；支持图形化界面和Open API；一站式网络、存储、日志、监控、调度、路由和持续发布管理；

- 安全可控：用户拥有并独占云服务器；支持定制安全组和专有网络VPC安全规则；集群级别基于证书的认证体系；支持证书刷新；容器级别的资源隔离和流控；支持集群级别和子账号级别的权限管理；

- 协议兼容：兼容标准Docker Swarm API，支持应用无缝迁云，支持混合云场景；兼容Docker Compose模板协议；支持通过API对接，实现第三方的调度下发和系统集成；

- 高效可靠：支持海量容器秒级启动；支持容器的异常恢复和自动伸缩；支持跨可用区的高可用；

下面介绍阿里云的应用场景。

### 1.Web应用容器化部署

容器服务支持自动化地配置负载均衡SLB和后端云服务器ECS，通过选择Web应用对应的Docker镜像，一键部署：

- 支持多种灰度发布策略，包括蓝绿发布和金丝雀发布，保证应用平滑升级。

- 支持查看容器和系统等不同维度的监控，并配置扩容和弹性伸缩的策略。

- 支持通过声明的方式配置后端的数据库等云服务。

### 2.持续集成系统构建

在阿里云容器镜像服务创建一个自动构建类型的镜像仓库，选择关联代码源到Github或云Code。当代码提交后，会触发Docker镜像的自动构建，参见图15-8。

在镜像Webhook里配置容器服务的trigger API，这样当镜像构建完毕后，就会触发容器的自动部署，实现流水线般的持续集成和持续交付。

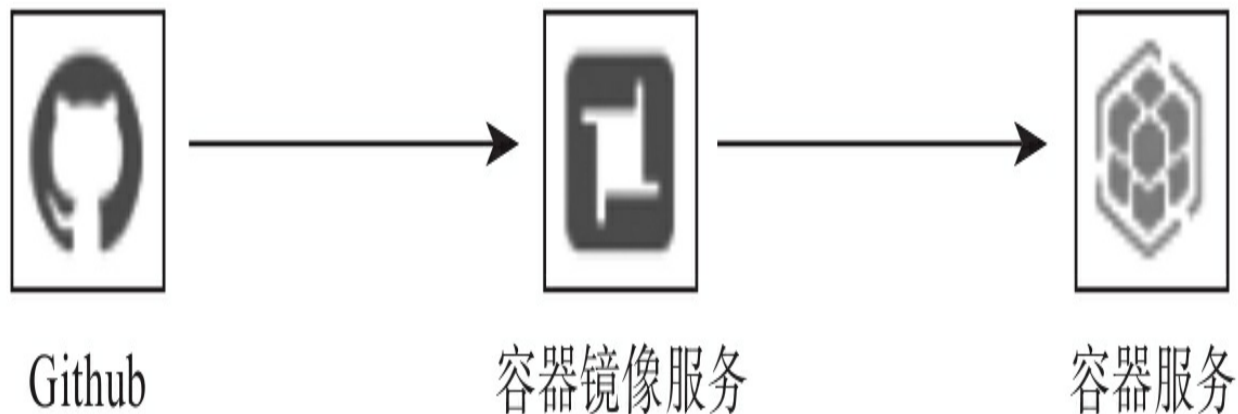


图15-8 Web应用容器化部署架构示意图

### 3.微服务架构系统构建

将用户现有的系统从业务领域或横向扩展等维度拆分成多个微服务，每个微服务的内容用一个镜像管理。

通过Docker Compose编排模板描述微服务之间的依赖关系和配置。在容器服务选择编排模板一键创建应用，参见图15-9。



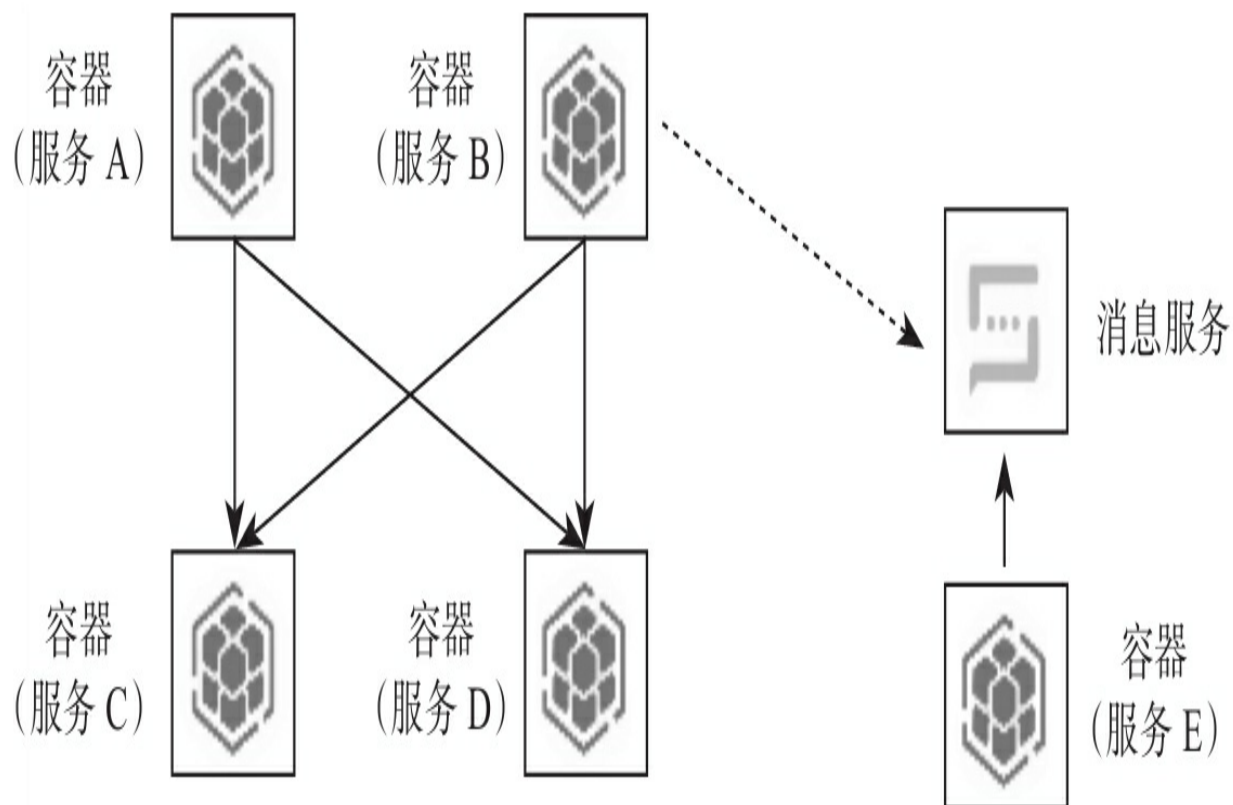


图15-9 持续集成架构示意图

#### 4.常用工具

为了进一步提高容器服务的易用性和可用性，阿里云容器服务提供了许多常用工具，如阿里云版本docker-machine，阿里云容器加速器，以及阿里云容器Hub服务。

如果想要了解更多信息，可以访问阿里云官方网站：<https://www.aliyun.com>。

## 15.4 时速云容器平台

时速云是国内领先的容器云平台 and 解决方案提供商，基于Docker为代表的容器技术，为开发者和企业提供应用的镜像构建、快速发布、持续集成/交付，以及容器化应用的部署运行、运维管理的新一代云计算平台。其中包括标准化、高可用的镜像构建，分布式、高可用的存储服务，大规模、可伸缩的容器托管服务，以及私有主机集群管理的混合云服务。时速云也一直致力于打造下一代以应用为中心的云计算平台，帮助用户优化开发运维环节，提高业务效率，降低IT成本，实现持续创新。其架构参见图15-10。

时速云公有云服务的主要功能包括“容器服务”、“持续集成”、“镜像服务”、“服务编排”和“私有集群”，涵盖了以容器技术为基础的应用平台所需要的支撑能力，权衡了平台未来对公有云、私有云以及混合云等不同场景的扩展支持。通过容器技术的运用，平台具有如下特点。



图15-10 时速云微服务架构系统构建架构示意图

### 1.标准、轻量的镜像和容器技术

为用户应用开发提供统一、自动的交付流程；避免平台依赖性，简单、快速的在不同平台之间迁移；轻松实现应用级别的版本控制，升级、回滚、弹性伸缩，以及监控管理；通过操作系统层的隔离技术，提高底层资源的利用率。

### 2.丰富的镜像服务

平台上积累了上万种镜像服务，涵盖了操作系统、各种语言开发环境、云数据库、Web服务器，满足用户快速上手使用和高级定制化的各类需求。

### 3.从代码到部署运维的一整套自动化方案

通过集成代码托管服务（支持GitHub、BitBucket、Coding、Gitlab等主要代码仓库），实现从代码提交到自动镜像构建的持续集成，以及对服务进行自动更新的持续部署服务，再结合平台的管理运维能力，大大减小应用开发的成本，并提高迭代效率。

### 4.私有容器集群

私有容器集群是“时速云”推出的最有特色的功能之一。顾名思义，“集群”是由多个计算机组成，但不仅仅是机器的堆砌；作为一个整体，集群用来提供高质量不间断的服务，具有很高的容错性；而集群中的单个节点（一般指机器）实现功能上相同或者互补的服务，一旦宕机，应用会快速迁移到其他可用节点，保证业务的连续性。而且平台提供了普通、跨云两种集群模式，适用于不同用户的场景需求。

通过集群化的管理用户的实体主机、虚拟机或者云主机上的资源，合理规划和充分利用现有的计算和存储资源，并在自己的私有集群上尝试、运用镜像和容器技术，通过这些新技术推进自己的产品在开发、运维、部署、交付等各个环节上的变革及创新，逐渐搭建和形成自己的私有云架构。

如果希望了解关于时速云的更多信息，可以访问官方网站：<https://www.tenxcloud.com>。

## 15.5 本章小结

本章介绍了公有云服务对Docker的积极支持，以及新出现的容器云平台。事实上，Docker技术的出现自身就极大推动了云计算行业的发展。

通过整合公有云的虚拟机和Docker方式，可能获得更多的好处，包括：

- 更快速的持续交付和部署能力；
- 利用内核级虚拟化，对公有云中服务器资源进行更加高效的利用；
- 利用公有云和Docker的特性更加方便地迁移和扩展应用。

同时，容器将作为与虚拟机类似的业务直接提供给用户使用，极大地丰富了应用开发和部署的场景。

## 第16章 容器实战思考

在大量应用容器技术到开发和运维实践中之后，相信读者都会产生不少体会。这个时候，及时进行经验总结十分有必要。

本章笔者将分享自己在实践中的一些思考体会，包括开发人员该如何看待容器，DevOps团队如何使用容器，以及生产部署容器的一些要点等。

## 16.1 Docker为什么会成功

Docker实现的种种基础技术（cgroups、namespace、分层文件系统）在Docker之前已经存在很多年。并且，LXC也在诸多企业的生产环境中得到了大量的应用实践，并得到了极为明显的性能优势。Google大规模容器集群的性能比传统虚拟机要高很多，接近于Bare Metal。与传统虚拟机相比，容器集群让这些公司拥有秒级而非分钟级的弹性计算伸缩能力，同时使用更少的机器运行更多实例。

既然容器技术有如此大的优势，为什么Docker之前，容器并没有引发广泛的关注呢？核心的问题在于易用性，而Docker解决了这个问题。

Docker首次创造了一种简单易行并且覆盖应用全生命周期的工作流，用户可以通过简单的指令或Restful API来拉取、打包、运行和维护容器。这种简化从根本上降低了应用程序部署的难度，极大地提高了应用运行时环境的部署与维护的效率。用户可以不依赖类似Ansible、Chef、Puppet这类的配置管理和发布系统，不需要在部署中同时关注基础系统与软件的安装配置，以及应用的安装调试。

Docker提供了一种统一的实践方法，每个服务（或应用）维护一个Dockerfile文件。即便使用编排工具如Docker Compose，一个服务（或应用）也只需维护一个docker-compose.yml文件。应用程序及其运行时环境全部打包到一个简单易读的Dockerfile或Compose文件中，开发团队和运维团队都可以透明地合作维护这个文件，极大降低了沟通成本与部署成本，极大满足了研发团队与DevOps团队、运维团队之间的沟通需求，清晰划分了责任边界。

Docker正以一种前所未有的方式让用户可以在各种Linux发行版、各种开发环境中快速切换，这对应用开发者来说真是一种福音。使用各种开发环境的用户，再也不必担心破坏主机的系统环境（如环境变量）和应用程序。系统架构师们也可以使用Docker来快速搭建各种网络架构的系统，且可以方便地管理这些系统之间的数据连接和共享。目前Docker发展迅速，基于Docker的PaaS平台也层出不穷。这让技术创业者无需折腾服务器部署，只需专注业务代码的实现即可。

真正解决用户痛点，真正带来效率的提升，是一个产品和技术能最终成功的关键！



## 16.2 研发人员该如何看容器

很多研发工程师经常会问：我是搞开发的，容器技术跟我有关么？其实，笔者在实践过程中发现，合理应用容器技术，不光能极大提升开发效率，也能提升自身技术水平。

### 1.快速上手新技术

众所周知，新技术的学习往往从学习简单示例（例如Hello World）开始。这是学习新知识的标准思路：最小系统原则，即从变量最少的最小系统开始，循序渐进地学习。

现实生活中，简单的事物背后往往蕴含着复杂的机制。用户在构建最小系统的时候，首先面对的就是其母环境（或者说前置条件）的搭建。虽然随着程序语言和系统程序的发展，语言和工具都设计得越来越方便。但学习成本仍然居高不下，各大编程言论论坛中关于环境安装的问题总是层出不穷。

通过Docker的使用，用户可以将精力和注意力都尽快地放在语言本身的学习上，而无需折腾系统环境的各种配置。Docker官网的口号就包含了以上含义：Build, Ship and Run Any App, Anywhere，即任何应用都可以构建、发布、运行于任何环境。Docker将环境的影响因素降至最低，使开发者能统一地掌控整个应用的生命周期。

目前Docker官方支持的编程语言镜像就有十几种，涵盖所有的主流编程语言的开发环境。除此之外，常用数据库、缓存系统、主流Web框架等都有官方的镜像。除此之外，Docker Hub还提供了丰富的第三方镜像和Dockerfile。

### 2.容器化的代码仓库

经常整理和收集常用代码库往往是软件工程师实现高效交付的“秘诀”。

在技术团队中，为何行业新人和资深工程师之间的生产力可以有几倍甚至几十倍的差距呢？暂且不论眼界思路 and 基础技能的差距，同样是一件事，新人接手后首先面对的就是思路和工具的抉择，然后需要



解决实践中的各种“坑”。而资深工程师接手后，可以快速规划所需要的资源，并在最短时间内利用积累的模块搭建起系统，从而可以快速完成任务。

另外，研发过程中的各种发布版本，也可以用Docker容器的方式保存。以后遇到类似的需求，可以直接运行，调试并复用代码。

### 3.面向业务编程

软件开发，除非是算法比赛，在本质上是要能解决业务问题，满足需求方的要求。

最近几年，各种新的技术和工具层出不穷，虽然万变不离其宗，但能快速掌握新的业务需求和新的技术栈，是对一个优秀技术人员的迫切要求。

笔者根据Docker的特性，给出一个可行方案：使用Docker快速掌握新技术要点并完成适当的技术储备。假定读者是Python技术栈的后端工程师，熟悉常规网站的后台建设，那么如何快速实现移动应用的Restful API Sever呢？读者可以去Docker Hub搜索适合做API服务器的Python快速开发框架，根据自身业务需求修改Dockerfile，定制符合要求的镜像，然后快速启动一套能满足相关API的系统。

可见，容器技术可以帮助软件工程师更加专注的面向业务需求，快速启用新技能。

### 4.使用Docker Hub发布开源项目

技术人员从社区借鉴和学习各种好用的工具和技能时，也需要积极反馈于社区，共同营造一个良好的生态环境。

笔者在此建议：读者如果参与开源项目的建设，那么可以通过Docker完成程序的打包、测试、发布和部署，通过Docker Hub来管理和维护镜像。这样可以统一又清晰地管理整个开源项目。

## 16.3 容器化开发模式

传统模式中，开发团队在开发环境中完成软件开发，本地完成单元测试，测试通过，则可提交到代码版本管理库；测试团队打包进行进一步测试。运维团队把应用部署到测试环境，开发团队或测试团队再次进行测试，没问题后通知部署人员发布到生产环境。

在上述过程中涉及三个环境：开发、测试和生产，以及三个团队：开发、测试、运维。多个环境和多个团队之间的这种交互，很容易出现彼此环境不一致的情况，浪费不必要的人力物力。

在容器模式中，应用是以容器的形式存在，所有和该应用相关的依赖都会在容器中，因此移植非常方便，不会存在像传统模式那样的环境不一致的情况。

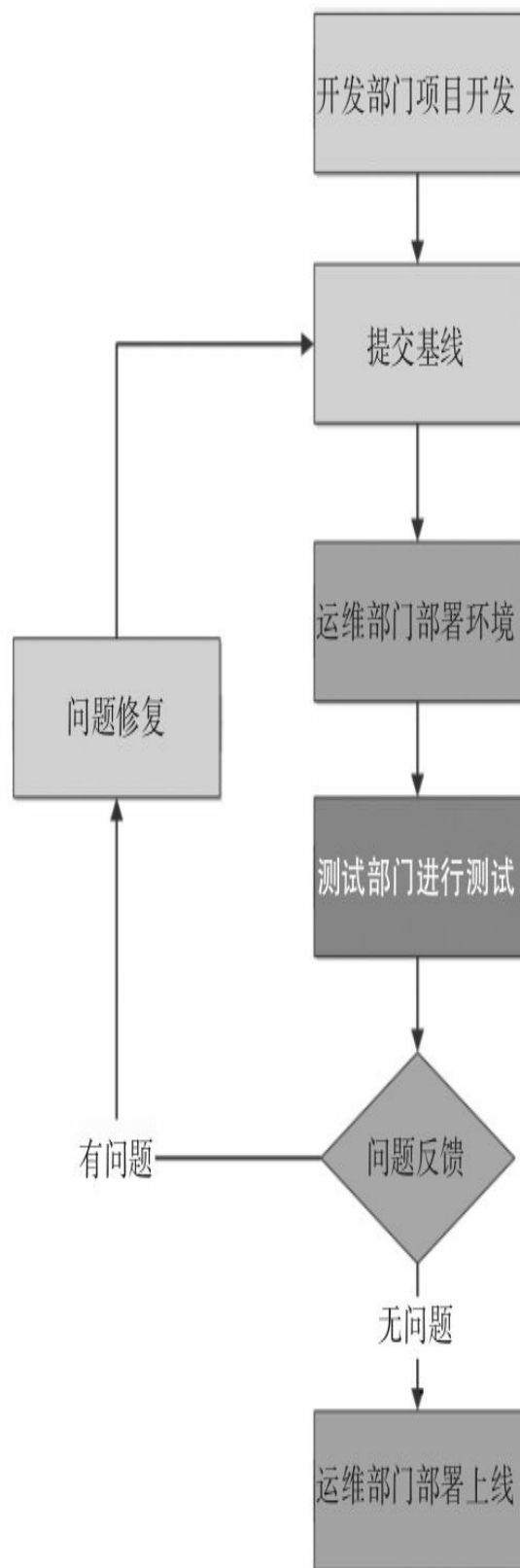
下面比较了两种模式下的不同流程，如图16-1所示。

### 1. 操作流程

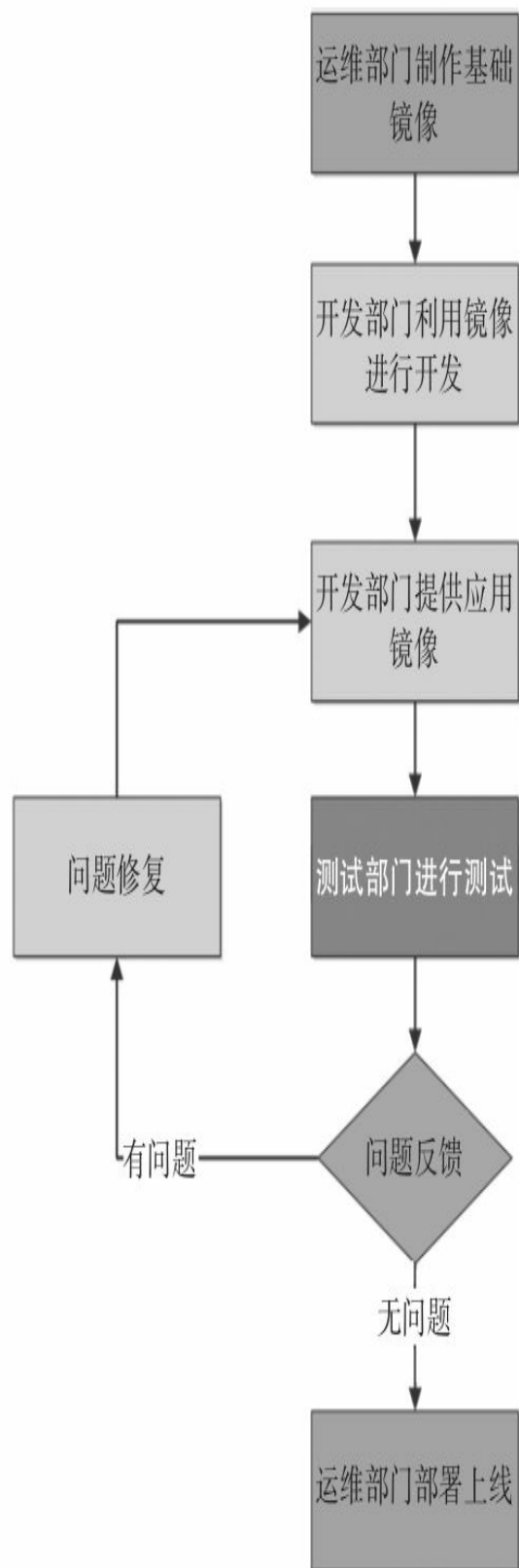
在容器化的应用中，项目架构师和开发人员的作用贯穿整个开发、测试、生产三个环节。

项目伊始，架构师根据项目预期创建好需要的基础base镜像，nginx、tomcat、mysql镜像或者将Dockerfile分发给所有开发人员，所有开发人员根据Dockerfile创建的容器或者从内部仓库下载的镜像进行开发，达到开发环境的充分一致。若开发过程中需要添加新的软件，只需要向架构师申请修改基础base镜像的Dockerfile即可。

开发任务结束后，架构师调整Dockerfile或者Docker镜像，然后分发给测试部门，测试部门马上就可以进行测试，消除了部署困难等难缠的问题。



a) 传统开发流程



b) 容器化开发流程

图16-1 传统模式vs容器模式下的工作流程比较

## 2.场景示例

假定对于一个200人左右的软件企业，主要使用Java作为开发语言，使用Tomcat、Weblogic作为中间件服务器，后台数据库使用Oracle、MySQL等。

在应用容器之前，开发到测试的流程如图16-2所示。

可见，就是因为环境的不一样，开发、测试、运维三个部门做了很多重复的工作。

而容器正好可以解决这个问题，大大简化了工作流程，如图16-3所示。

## 3.注意事项

首先，在开发和测试环境中，推荐使用-v共享文件夹来存储开发人员的程序代码，避免频繁打包操作。

其次，利用基础base镜像的继承特性来调整镜像的轻微变更。例如当需要测试程序对不同版本JDK的支持情况时，只需改变base镜像的JDK设置，然后其他依赖它的镜像在重新创建的过程中就可以自动完成更新。

最后，测试部门应当注意Docker以及镜像的版本，并经常对部署后的应用程序进行性能上的测试。

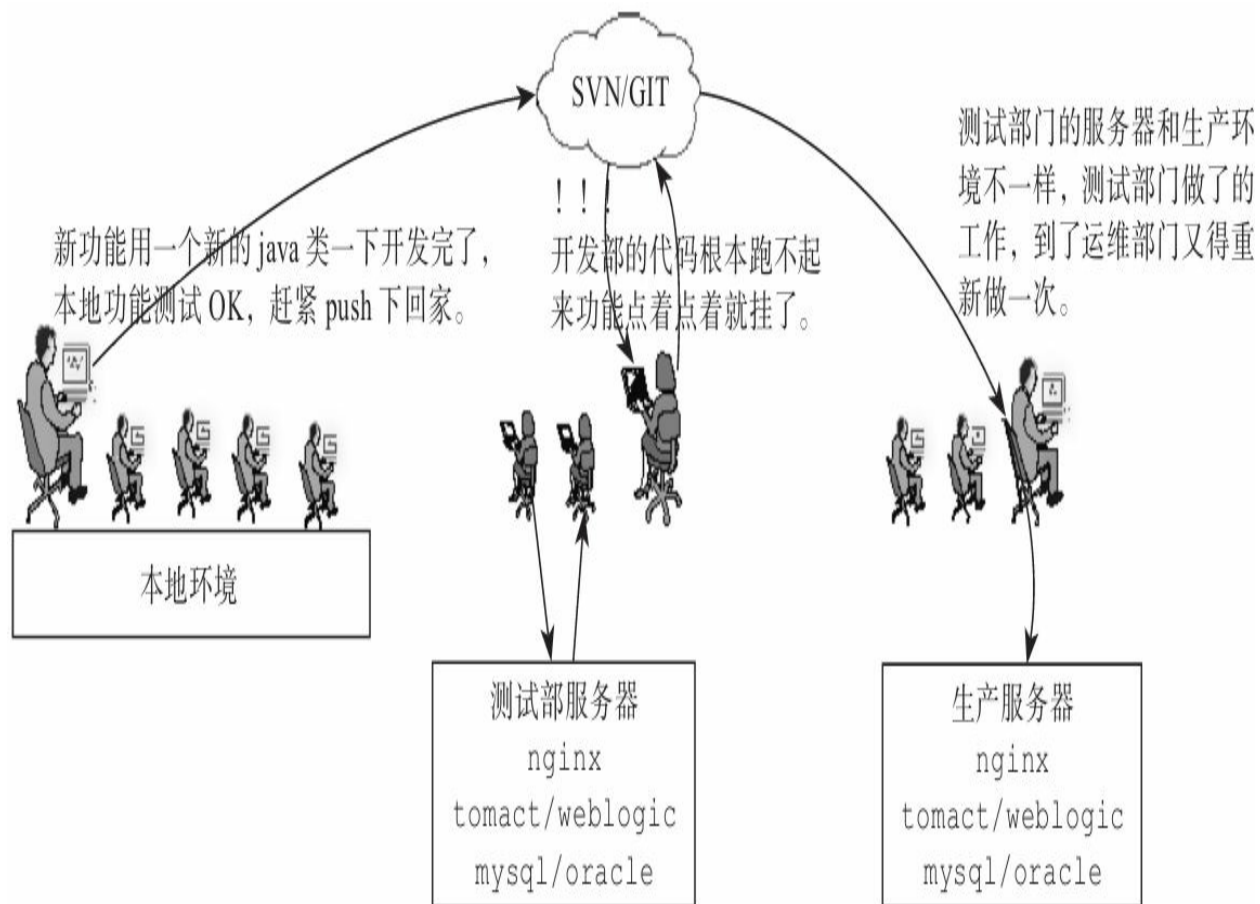


图16-2 传统的开发流程

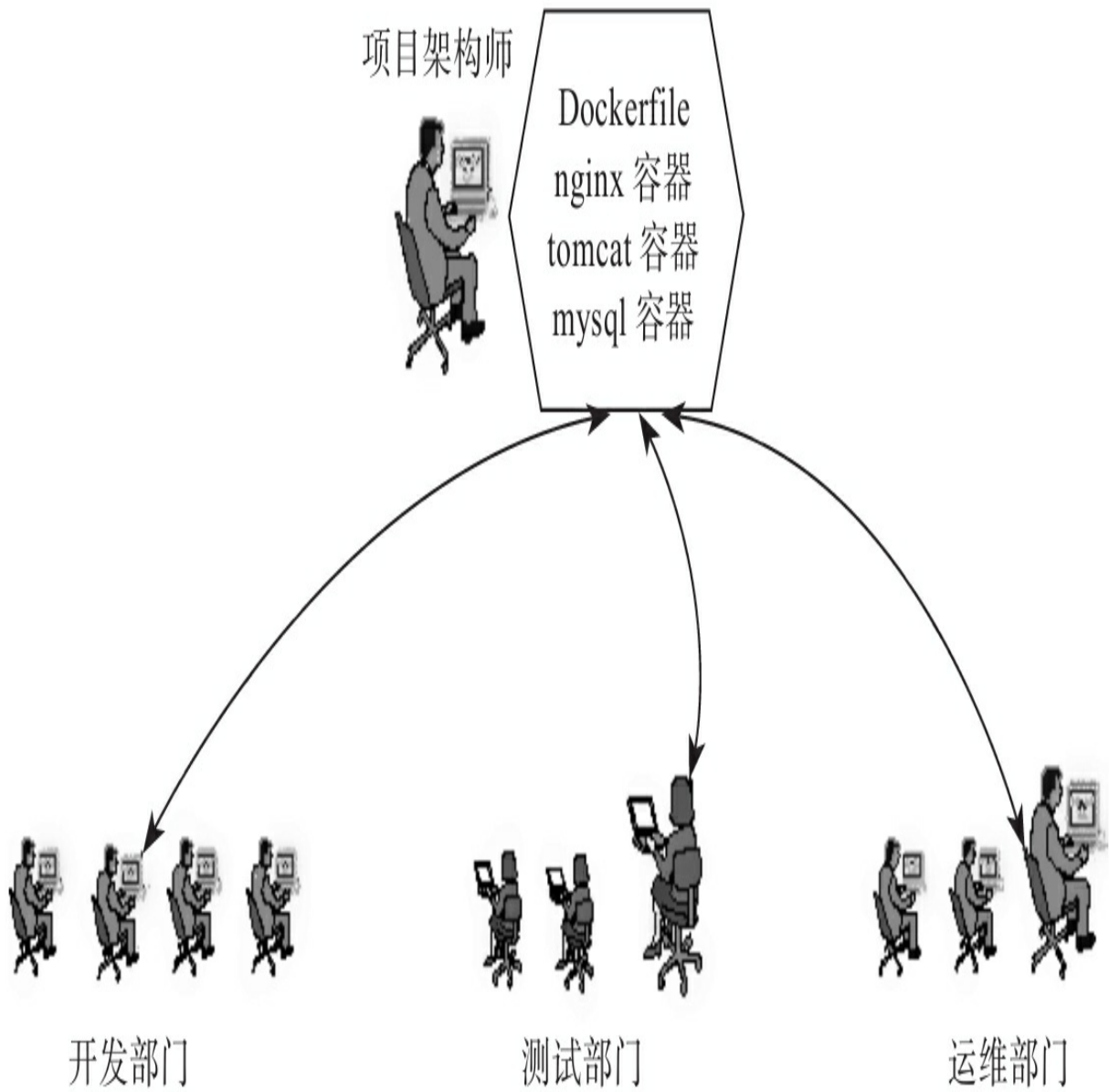


图16-3 利用容器环境开发的流程

## 16.4 容器与生产环境

不同的产品技术团队对生产环境可能有不同的解读。在这里，生产环境是指企业运行其商业应用的IT环境，是相对于开发环境、预发布环境和测试环境而言的。

在生产环境中，容器既可以作为API后端服务器，也可以作为业务应用的Web服务器，还可以作为微服务中的服务节点。但是不管用户将容器用于哪种场景，在生产环境中运行容器与其他环境相比，在安全性与稳定性等方面都存在更高要求。

Docker算是IT生产环境与基础设施的新成员。近些年，Docker在DevOps和基础设施领域中快速风靡起来。Google、IBM、Amazon、Microsoft，以及几乎所有云计算供应商都宣布支持Docker。很多容器领域中的创业公司都在2014年或2015年初获得了风险投资。同时，Docker公司在2015年的估值也达到了10亿美元。

尽管Docker获得广大公有云厂商的大力支持，但是目前容器技术生态中已经存在许多分支与分歧，如rkt项目。为了解决容器生态中的差异化问题，为了从根本上解决生产环境中运用Docker的风险，Google、Intel、Microsoft、IBM、Amazon、VMware、Oracle、HPE、Facebook等IT巨头于2015年6月共同宣布成立OCI（Open Container Initiative）组织<sup>[4]</sup>。OCI组织的目标在于建立通用的容器技术标准。除了保障与延续既有容器服务的生命周期外，还通过不断推出标准的创新的容器解决方案赋能开发者。而OCI成员企业也会秉持开放、安全、弹性等核心价值观来发展容器生态。客观而言，OCI组织的出现确立了容器技术的标准，避免容器技术被单一厂商垄断。统一技术标准后，广大企业不用担心未来新兴的容器技术不兼容Docker。

2016年开始，大量企业的应用开始云化，部分已经云化的企业，开始实施全面容器化和微服务化。不过，用户不应该把容器当做“银弹”，并不是所有应用和服务都适合容器化。对于“12要素”<sup>[4]</sup>类型应用，容器化是很容易和平滑的。因为这些应用是无状态的，而且它们在微服务架构中可以在很短的时间内完成启停，高度保证了整个服务的可用性。传统数据库或有状态应用、对网络吞吐性能有高要求的应用并不适合容器化。



可以说，绝大部分的分层架构的企业架构，都可以平滑地在生产环境中容器化。而绝大部分完成容器化的企业架构，都可以通过代码重构完成微服务化，这样可以从服务层面进一步提高可用性，进一步降低IT固定成本。降低持续集成与部署成本。

现在越来越多的企业正在生产环境中使用Docker，Docker镜像下载量在2014年12月是6700万，一年后，镜像下载量上升到了12亿。最近某容器服务的研究显示，八成的IT从业者了解和接触过Docker，四成的组织目前正在生产环境中使用Docker，预计这个比例会在未来两年内还会继续上升。

在生产环境中使用容器时，需要考虑几个问题，下面的建议供大家参考：

- 如果Docker出现不可控的风险，是否考虑了备选的解决方案；
- 是否需要对Docker容器做资源限制，以及如何限制，如CPU、内存、网络、磁盘等；
- 目前，Docker对容器的安全管理做得不够完善，在应用到生产环境之前可以使用第三方工具来加强容器的安全管理。如使用apparmor对容器的能力进行限制、使用更加严格的iptables规则、禁止root用户登录、限制普通用户权限以及做好系统日志的记录；
- 公司内部私有仓库的管理、镜像的管理问题是否解决。目前官方提供的私有仓库管理工具功能并不十分完善，若在生产环境中使用还需要更多的工作。

[1] OCI组织官网：<https://www.opencontainers.org/>

[2] 12 Factor App：<https://12factor.net/>，本书后面第28章也介绍了这个概念。



## 16.5 本章小结

本章主要介绍了在实战中使用容器技术的一些思考。信息技术行业是前所未有的一个快速变革的行业，极其注重效率和可靠性。一直以来，产品研发流程中最让人头痛的一点就是研发周期管理。无论是传统模式还是快速迭代、瀑布流，都需要有完善的代码周期支持。容器化毫无疑问地契合了这一需求，为产品研发带来了生产力的提升。

笔者认为，自容器之后，信息产业将会上升到一个更高的阶段，更多的生产力将被解放去攻克核心的技术问题。在这个过程中，技术人员要主动拥抱变化，早日掌握新时代的工作模式和核心技能。

## 第三部分 进阶技能

- 第17章 Docker核心实现技术
- 第18章 配置私有仓库
- 第19章 安全防护与配置
- 第20章 高级网络功能
- 第21章 libnetwork插件化网络功能

经过前两部分的详细讲解和案例实践，相信读者已经熟练掌握了Docker相关的常见操作和应用技巧。但要想在实践中灵活运用，还需要大量的练习。

那么，Docker是如何实现的？它目前有何问题？它的技术生态环境是否已经成长起来了？接下来，笔者将在第三部分介绍Docker相关的进阶技能，本部分共有5章内容。

第17章介绍Docker的核心实现技术，包括架构、命名空间、控制组、联合文件系统、虚拟网络等技术话题。

第18章介绍使用Docker Registry来创建和管理私有的镜像仓库。

第19章从命名空间、控制组、内核能力、服务端、第三方工具等角度来剖析保障Docker安全的相关手段。

第20章具体讲解Docker使用网络的一些高级配置等，并分析底层实现的技术过程。

最后，在第21章笔者还将介绍Docker强大的插件化网络支持-libnetwork，支持更多的网络应用场景。

## 第17章 Docker核心实现技术

作为一种容器虚拟化技术，Docker深度应用了操作系统的多项底层支持技术。

早期版本的Docker是基于已经成熟的Linux Container（LXC）技术实现的。自Docker 0.9版本起，Docker逐渐从LXC转移到新的libcontainer（<https://github.com/docker/libcontainer>）上，并且积极推动开放容器规范runc，试图打造更通用的底层容器虚拟化库。

从操作系统功能上看，目前Docker底层依赖的核心技术主要包括Linux操作系统的命名空间（Namespace）、控制组（Control Group）、联合文件系统（Union File System）和Linux网络虚拟化支持。本章将介绍这些核心技术的实现。

## 17.1 基本架构

Docker目前采用了标准的C/S架构，如图17-1所示。客户端和服务端既可以运行在一个机器上，也可运行在不同机器上通过socket或者RESTful API来进行通信。

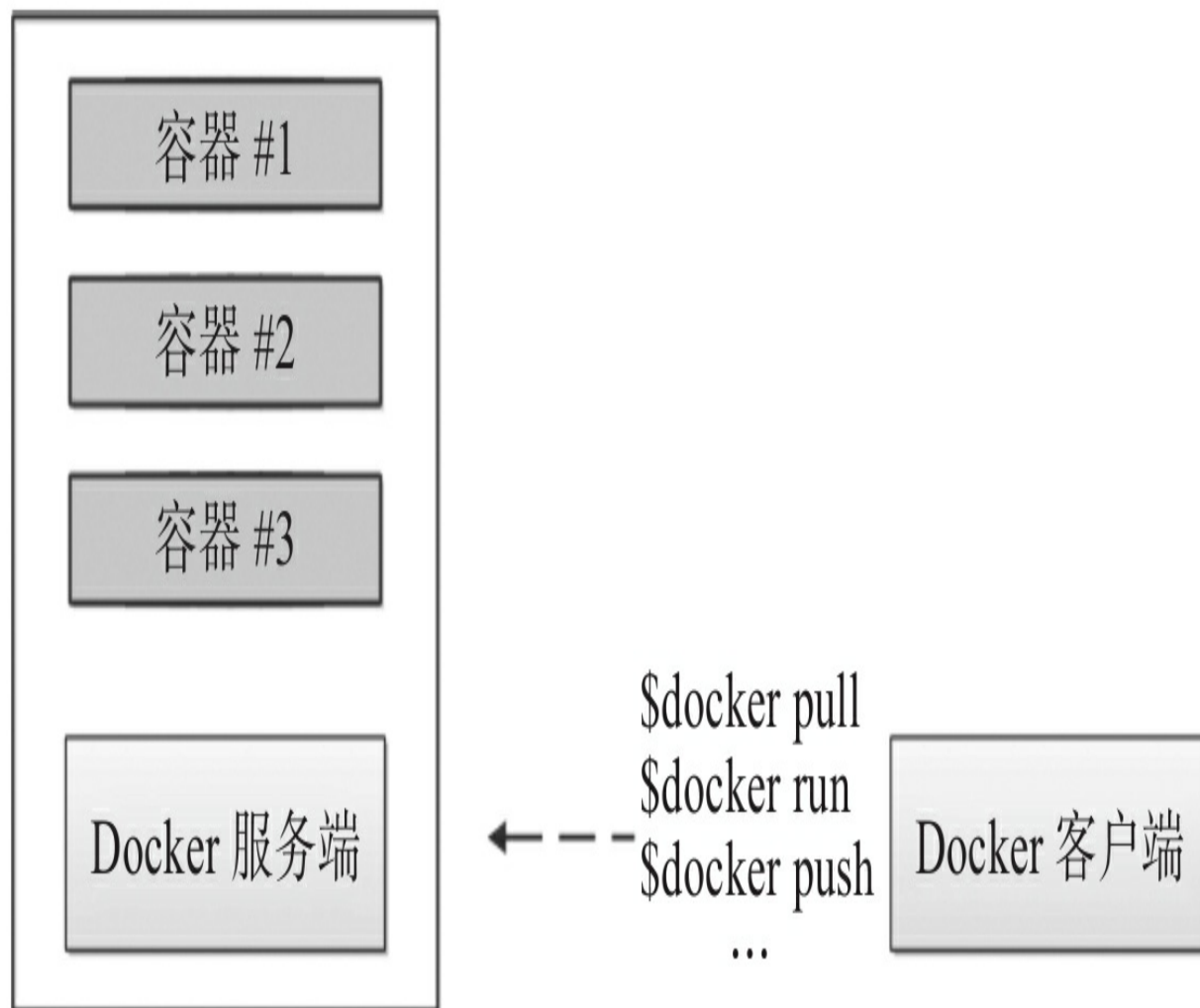


图17-1 Docker采用了C/S架构

### 1.服务端

Docker Daemon一般在宿主主机后台运行，作为服务端接受来自客户的请求，并处理这些请求（创建、运行、分发容器）。

在设计上，Docker Daemon是一个模块化的架构，通过专门的Engine模块来分发管理各个来自客户端的任务。

Docker服务端默认监听本地的unix:///var/run/docker.sock套接字，只允许本地的root用户或docker用户组成员访问。可以通过-H选项来修改监听的方式。

例如，让服务端监听本地的TCP连接1234端口，如下所示：

---

```
$ docker daemon -H 0.0.0.0:1234
WARN[0000] /!\ DON'T BIND ON ANY IP ADDRESS WITHOUT setting -tlsverify IF YOU
DON'T KNOW WHAT YOU'RE DOING /\
INFO[0000] New containerd process, pid: 22385
INFO[0001] [graphdriver] using prior storage driver "aufs"
INFO[0001] Graph migration to content-addressability took 0.00 seconds
INFO[0001] Firewalld running: false
INFO[0001] Default bridge (docker0) is assigned with an IP address 172.17.0.0/16.
Daemon option --bip can be used to set a preferred IP address
WARN[0002] Your kernel does not support swap memory limit.
WARN[0002] mountpoint for pids not found
INFO[0002] Loading containers: start.
...
```

---

此外，Docker还支持通过HTTPS认证方式来验证访问。



注意

Debian/Ubuntu 14.04等使用upstart管理启动服务的系统中，Docker服务端的默认启动配置文件在/etc/default/docker。对于使用systemd管理启动服务的系统，配置文件在/etc/systemd/system/docker.service.d/docker.conf。

## 2.客户端

Docker客户端为用户提供一系列可执行命令，用户用这些命令与Docker Daemon交互。

用户使用的Docker可执行命令即为客户端程序。与Docker Daemon不同的是，客户端发送命令后，等待服务端返回，一旦收到返回后，客户端立刻执行结束并退出。用户执行新的命令，需要再次调用客户端命令。

同样，客户端默认通过本地的unix:///var/run/docker.sock套接字向服务端发送命令。如果服务端没有监听在默认的地址，则需要客户端在执行命令的时候显式指定服务端地址。

例如，假定服务端监听在本地的TCP连接1234端口tcp://127.0.0.1:1234，只有通过-H参数指定了正确的地址信息才能连接到服务端，如下所示：

---

```
$ docker version
Client:
  Version:      1.12.0
  API version:  1.24
  Go version:   go1.6.3
  Git commit:   8eab29e
  Built:        Thu Sep 28 22:00:36 2016
  OS/Arch:      linux/amd64
Cannot connect to the Docker daemon. Is the docker daemon running on this host?
$ docker -H tcp://127.0.0.1:1234 version
Client:
  Version:      1.12.0
  API version:  1.24
  Go version:   go1.6.3
  Git commit:   8eab29e
  Built:        Thu Sep 28 22:00:36 2016
  OS/Arch:      linux/amd64
Server:
  Version:      1.12.0
  API version:  1.24
  Go version:   go1.6.3
  Git commit:   8eab29e
  Built:        Thu Sep 28 22:00:36 2016
  OS/Arch:      linux/amd64
```

---

### 3.新的架构设计

应该说，C/S架构给Docker基本功能的实现带来了许多便利，但同时也引入了一些限制。

读者朋友们可能发现，使用Docker时，必须要启动并保持Docker Daemon的正常运行，它既要管理容器的运行时，又要负责提供对外部API的响应。而一旦Docker Daemon服务不正常，则已经运行在Docker主机上的容器也往往无法继续使用。

Docker团队已经意识到了这个问题，在较新的版本（1.11.0+）中，开始将维护容器运行的任务放到一个单独的组件containerd中来管理，并且支持OCI的runc规范。原先的对客户端API的支持则仍然放在Docker Daemon，通过解耦，大大减少了对Docker Daemon的依赖。

同时，新的架构提高了启动容器的速度，一项测试表明，可以达到每秒启动超过100个容器。

## 17.2 命名空间

命名空间（namespace）是Linux内核的一个强大特性，为容器虚拟化的实现带来极大便利。

利用这一特性，每个容器都可以拥有自己单独的命名空间，运行在其中的应用都像是在独立的操作系统环境中一样。命名空间机制保证了容器之间彼此互不影响。

在操作系统中，包括内核、文件系统、网络、PID、UID、IPC、内存、硬盘、CPU等资源，所有的资源都是应用进程直接共享的。要想实现虚拟化，除了要实现对内存、CPU、网络IO、硬盘IO、存储空间等的限制外，还要实现文件系统、网络、PID、UID、IPC等的相互隔离。前者相对容易实现一些，后者则需要宿主主机系统的深入支持。

随着Linux系统对于命名空间功能的逐步完善，现在已经可以实现这些需求，让进程在彼此隔离的命名空间中运行。虽然这些进程仍在共用同一个内核和某些运行时环境（runtime，例如一些系统命令和系统库），但是彼此是不可见的，并且认为自己是独占系统的。

### 1. 进程命名空间

Linux通过命名空间管理进程号，对于同一进程（即同一个task\_struct），在不同的命名空间中，看到的进程号不相同，每个进程命名空间有一套自己的进程号管理方法。进程命名空间是一个父子关系的结构，子空间中的进程对于父空间是可见的。新fork出的进程在父命名空间和子命名空间将分别有一个进程号来对应。

例如，查看Docker主进程的pid进程号是5989，如下所示：

---

```
$ ps -ef |grep docker
root      5989   5988   0 14:38 pts/6    00:00:00 docker -d
```

---

新建一个Ubuntu的“hello world”容器：

---

```
$ docker run -d ubuntu:14.04 /bin/sh -c "while true; do echo hello world;
sleep 1; done"
ec559327572b5bf99d0f80b98ed3a3b62023844c7fdbea3f8caed4ffa5c62e86
...
```

---

---

查看新建容器进程的父进程，正是Docker主进程5989:

---

```
$ ps -ef |grep while
root      6126  5989  0 14:41 ?        00:00:00 /bin/sh -c while true; do echo
             hello world; sleep 1; done
```

---

## 2.网络命名空间

如果有了pid命名空间，那么每个命名空间中的进程就可以相互隔离，但是网络端口还是共享本地系统的端口。

通过网络命名空间，可以实现网络隔离。网络命名空间为进程提供了一个完全独立的网络协议栈的视图，包括网络设备接口、IPv4和IPv6协议栈、IP路由表、防火墙规则、sockets等，这样每个容器的网络就能隔离开来。Docker采用虚拟网络设备（Virtual Network Device）的方式，将不同命名空间的网络设备连接到一起。默认情况下，容器中的虚拟网卡将同本地主机上的docker0网桥连接在一起，如图17-2所示。



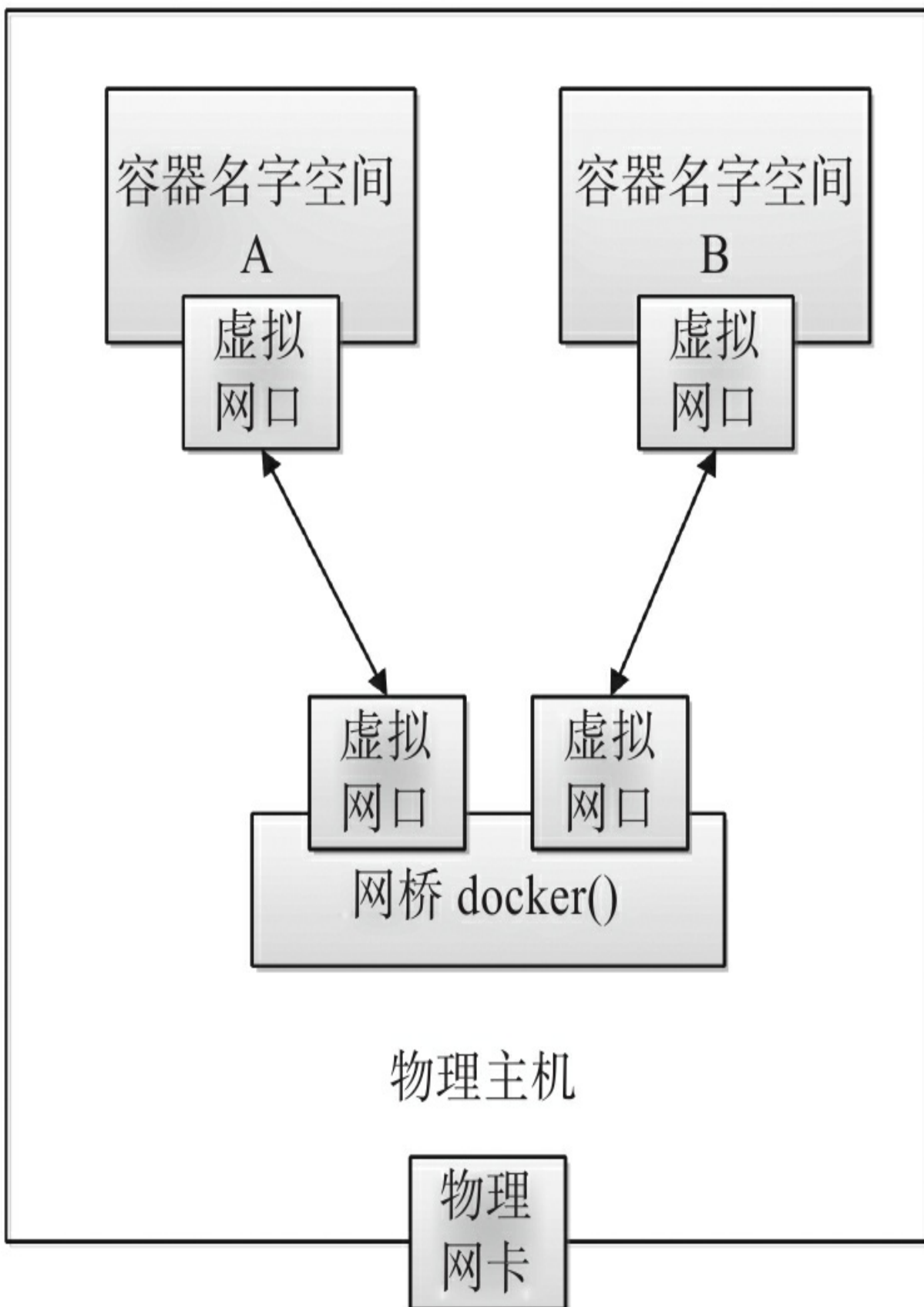


图17-2 网络命名空间

使用brctl工具可以看到桥接到宿主主机docker0网桥上的虚拟网口：

---

```
$ brctl show
bridge name      bridge id      STP enabled    interfaces
docker0          8000.56847afe9799  no             veth4148
                  vethd166
                  vethd533
```

---

### 3. IPC命名空间

容器中进程交互还是采用了Linux常见的进程间交互方法（Interprocess Communication, IPC），包括信号量、消息队列和共享内存等。PID Namespace和IPC Namespace可以组合起来一起使用，同一个IPC命名空间内的进程可以彼此可见，允许进行交互；不同空间的进程则无法交互。

### 4. 挂载命名空间

类似于chroot，将一个进程放到一个特定的目录执行。挂载命名空间允许不同命名空间的进程看到的文件结构不同，这样每个命名空间中的进程所看到的文件目录彼此被隔离。

### 5. UTS命名空间

UTS（UNIX Time-sharing System）命名空间允许每个容器拥有独立的主机名和域名，从而可以虚拟出一个有独立主机名和网络空间的环境，就跟网络上一台独立的主机一样。

默认情况下，Docker容器的主机名就是返回的容器ID：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED    STATUS    PORTS    NAMES
ec559327572b   ubuntu:14.04 /bin/sh -c 'while tr   18 minutes ago
Up 18 minutes   furious_goodall
$ docker inspect -f {{".Config.Hostname"}} ec5
ec559327572b
```

---

### 6. 用户命名空间

每个容器可以有不同的用户和组id，也就是说可以在容器内使用特定的内部用户执行程序，而非本地系统上存在的用户。

每个容器内部都可以有root帐号，但跟宿主主机不在一个命名空间。

通过使用隔离的用户命名空间可以提高安全性，避免容器内进程获取到额外的权限。

## 17.3 控制组

控制组（CGroups）是Linux内核的一个特性，主要用来对共享资源进行隔离、限制、审计等。只有能控制分配到容器的资源，才能避免多个容器同时运行时对宿主机系统的资源竞争。

控制组技术最早是由Google的程序员2006年起提出，Linux内核自2.6.24开始原生支持。控制组可以提供对容器的内存、CPU、磁盘IO等资源进行限制和计费管理。控制组的设计目标是为不同的应用情况提供统一的接口，从控制单一进程（比如nice工具）到系统级虚拟化（包括OpenVZ、Linux-VServer、LXC等）。

具体来看，控制组提供：

- 资源限制（Resource limiting）：可以将组设置为不超过设定的内存限制。比如：内存子系统可以为进程组设定一个内存使用上限，一旦进程组使用的内存达到限额再申请内存，就会出发Out of Memory警告。

- 优先级（Prioritization）：通过优先级让一些组优先得到更多的CPU等资源。

- 资源审计（Accounting）：用来统计系统实际上把多少资源用到适合的目的上，可以使用cpuacct子系统记录某个进程组使用的CPU时间。

- 隔离（isolation）：为组隔离命名空间，这样一个组不会看到另一个组的进程、网络连接和文件系统。

- 控制（Control）：挂起、恢复和重新启动等操作。

安装Docker后，用户可以在/sys/fs/cgroup/memory/docker/目录下看到对Docker组应用的各种限制项，包括：

---

```
$ cd /sys/fs/cgroup/memory/docker
$ ls
1b3591fb9451d11292f2ce074d786f46fa68b37d1c483c241c63d69ab4335a50
memory.kmem.limit_in_bytes      memory.limit_in_bytes
memory.swappiness
6cac1e322cb8fd185b8ee5d60e049b2b5d86c6a51b7457523b368f025fe57b2c
memory.kmem.max_usage_in_bytes  memory.max_usage_in_bytes
memory.usage_in_bytes
cgroup.clone_children
memory.kmem.slabinfo            memory.move_charge_at_immigrate
```

```
memory.use_hierarchy
cgroup.event_control
memory.kmem.tcp.failcnt      memory.numa_stat
notify_on_release
cgroup.procs
memory.kmem.tcp.limit_in_bytes memory.oom_control
tasks
memory.failcnt
memory.kmem.tcp.max_usage_in_bytes memory.pressure_level
memory.force_empty
memory.kmem.tcp.usage_in_bytes    memory.soft_limit_in_bytes
memory.kmem.failcnt
memory.kmem.usage_in_bytes        memory.stat
```

---

用户可以通过修改这些文件值来控制组限制Docker应用资源。例如，通过下面的命令可限制Docker组中所有进程使用的物理内存总量不超过100MB：

---

```
$ sudo echo 104857600 >/sys/fs/cgroup/memory/docker/memory.limit_in_bytes
```

---

进入对应的容器文件夹，可以看到对应容器的一些状态：

---

```
$ cd 42352bb6c1d1c5c411be8fa04e97842da87d14623495189c4d865dfc444d12ae/
$ ls
cgroup.clone_children  memory.max_usage_in_bytes  memory.stat
cgroup.event_control  memory.move_charge_at_immigrate memory.swappiness
cgroup.procs           memory.numa_stat           memory.usage_in_bytes
memory.failcnt         memory.oom_control         memory.use_hierarchy
memory.force_empty     memory.pressure_level      notify_on_release
memory.limit_in_bytes  memory.soft_limit_in_bytes tasks
$ cat memory.stat
cache 110592
rss 107286528
rss_huge 16777216
mapped_file 0
writeback 0
pgpgin 74766
pgpgout 52634
pgfault 115722
pgmajfault 0
inactive_anon 12288
active_anon 107384832
inactive_file 0
active_file 0
unevictable 0
hierarchical_memory_limit 18446744073709551615
total_cache 110592
total_rss 107286528
total_rss_huge 16777216
total_mapped_file 0
total_writeback 0
total_pgpgin 74766
total_pgpgout 52634
total_pgfault 115722
total_pgmajfault 0
total_inactive_anon 12288
total_active_anon 107384832
total_inactive_file 0
total_active_file 0
total_unevictable 0
```

---

在开发容器工具时，往往需要一些容器运行状态数据，这时就可以从这里得到更多的信息。



## 注意

可以在创建或启动容器时为每个容器指定资源的限制，例如使用 `-c|--cpu-shares[=0]` 参数来调整容器使用CPU的权重；使用 `-m|--memory[=MEMORY]` 参数来调整容器使用内存的大小。

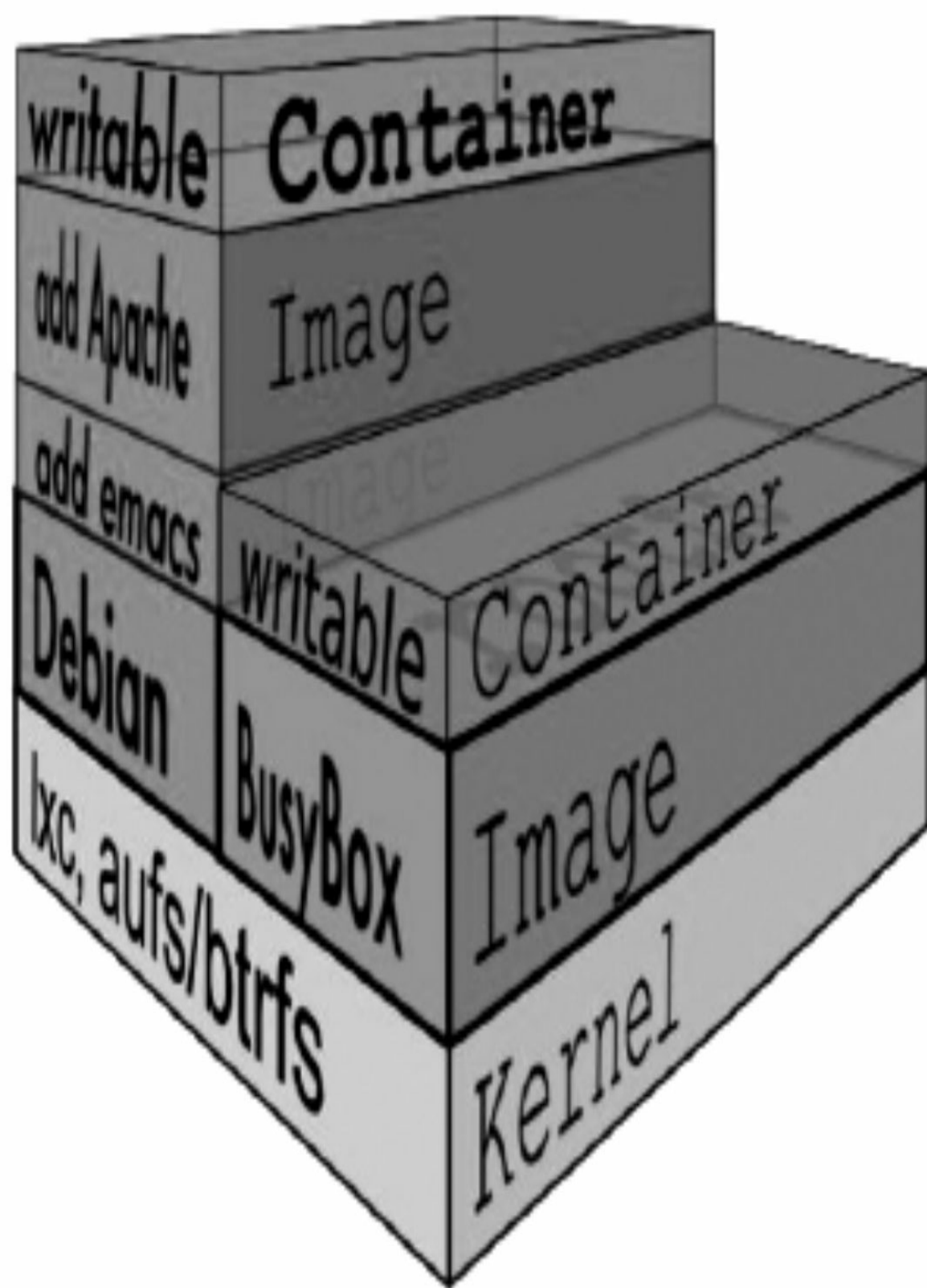
## 17.4 联合文件系统

联合文件系统（UnionFS）是一种轻量级的高性能分层文件系统，它支持将文件系统中的修改信息作为一次提交，并层层叠加，同时可以将不同目录挂载到同一个虚拟文件系统下，应用看到的是挂载的最终结果。

联合文件系统是实现Docker镜像的技术基础。Docker镜像可以通过分层来进行继承。例如，用户基于基础镜像（用来生成其他镜像的基础，往往没有父镜像）来制作各种不同的应用镜像。这些镜像共享同一个基础镜像层，提高了存储效率。此外，当用户改变了一个Docker镜像（比如升级程序到新的版本），则会创建一个新的层（layer）。因此，用户不用替换整个原镜像或者重新建立，只需要添加新层即可。用户分发镜像的时候，也只需要分发被改动的新层内容（增量部分）。这让Docker的镜像管理变得十分轻量级和快速。

### 1.Docker存储

Docker目前通过插件化方式支持多种文件系统后端。Debian/Ubuntu上成熟的AUFS（Another Union File System，或v2版本往后的Advanced Multilayered Unification File System），就是一种联合文件系统实现，如图17-3所示。AUFS支持为每一个成员目录（类似Git的分支）设定只读（readonly）、读写（readwrite）或写出（whiteout-able）权限，同时AUFS里有一个类似分层的概念，对只读权限的分支可以在逻辑上进行增量地修改（不影响只读部分的）。





## 图17-3 AUFS文件系统

Docker镜像自身就是由多个文件层组成，每一层有唯一的编号（层ID）。

可以通过docker history查看一个镜像由哪些层组成。例如查看ubuntu: 14.04镜像由4层组成，每层执行了不同的命令：

---

```
$ docker history ubuntu:14.04
IMAGE          CREATED          CREATED BY          SIZE      COMMENT
2a274e3405ec   13 months ago   /bin/sh -c #(nop)  CMD ["/bin/bash"]   0 B
df697c8b1bf4   13 months ago   /bin/sh -c sed -i 's/^#\s*\(deb.*universe\)$/  1.895 kB
371166fb96e0   13 months ago   /bin/sh -c echo '#!/bin/sh' > /usr/sbin/polic 194.5 kB
69191ca023af   13 months ago   /bin/sh -c #(nop)  ADD file:c8f078961a543cdefa 188.1 MB
```

---

对于Docker镜像来说，这些层的内容都是不可修改的、只读的。而当Docker利用镜像启动一个容器时，将在镜像文件系统的最顶端再挂载一个新的可读写的层给容器。容器中的内容更新将会发生在可读写层。当所操作对象位于较深的某层时，需要先复制到最上层的可读写层。当数据对象较大时，往往意味着IO性能较差。因此，一般推荐将容器修改的数据通过volume方式挂载，而不是直接修改镜像内数据。

此外，对于频繁启停Docker容器的场景下，文件系统的IO性能也将十分关键。

具体看，Docker所有的存储都在Docker目录下，以Ubuntu系统为例，默认路径是/var/lib/docker。

在这个目录下面，存储由Docker镜像和容器运行相关的文件和目录，可能包括aufs、containers、graph、image、init、linkgraph.db、network、repositories-aufs、swarm、tmp、trust、volumes等。其中，最关键的就是aufs目录，这是aufs文件系统所在，保存Docker镜像相关数据和信息。该目录该目录包括layers、diff和mnt三个子目录。1.9版本和之前的版本中，命名跟镜像层的ID是匹配的，而自1.10开始，层数据相关的文件和目录名与层ID不再匹配。

layers子目录包含层属性文件，用来保存各个镜像层的元数据：某镜像的某层下面包括哪些层。例如：某镜像由5层组成，则文件内容应该如下：

---

```
# cat aufs/layers/78f4601eee00b1f770b1aecf5b6433635b99caa5c11b8858dd6c8cec03b4584f-init
```

---

```
d2a0ecffe6fa4ef3de9646a75cc629bbd9da7ead7f767cb810f9808d6b3ecb6
29460ac934423a55802fcad24856827050697b4a9f33550bd93c82762fb6db8f
b670fb0c7ecd3d2c401fbfd1fa4d7a872fbada0a4b8c2516d0be18911c6b25d6
83e4dde6b9cfd46b75a07ec8d65ad87a748b98cf27de7d5b3298c1f3455ae4
# cat aufs/layers/d2a0ecffe6fa4ef3de9646a75cc629bbd9da7ead7f767cb810f9808d6b3ecb6
29460ac934423a55802fcad24856827050697b4a9f33550bd93c82762fb6db8f
b670fb0c7ecd3d2c401fbfd1fa4d7a872fbada0a4b8c2516d0be18911c6b25d6
83e4dde6b9cfd46b75a07ec8d65ad87a748b98cf27de7d5b3298c1f3455ae4
```

---

diff子目录包含层内容子目录，用来保存所有镜像层的内容数据。  
例如：

---

```
# ls aufs/diff/78f4601eee00b1f770b1aecf5b6433635b99caa5c11b8858dd6c8cec03b4584f-init/
dev etc
```

---

mnt子目录下面的子目录是各个容器最终的挂载点，所有相关的AUFS层在这里挂载到一起，形成最终效果。一个运行中容器的根文件系统就挂载在这下面的子目录上。同样，1.10版本之前的Docker中，子目录名和容器ID是一致的。其中，还包括容器的元数据、配置文件和运行日志等。

## 2.多种文件系统比较

Docker目前支持的联合文件系统种类包括AUFS、OverlayFS、btrfs、vfs、zfs和Device Mapper等。各种文件系统目前的支持情况如下：

- AUFS：最早支持的文件系统，对Debian/Ubuntu支持好，虽然没有合并到Linux内核中，但成熟度很高；

- OverlayFS：类似于AUFS，性能更好一些，已经合并到内核，未来会取代AUFS，但成熟度有待提高；

- Device Mapper：Redhat公司和Docker团队一起开发用于支持RHEL的文件系统，内核支持，性能略慢，成熟度高；

- btrfs：参考zfs等特性设计的文件系统，由Linux社区开发，试图未来取代Device Mapper，成熟度有待提高；

- vfs：基于普通文件系统（ext、nfs等）的中间层抽象，性能差，比较占用空间，成熟度也一般。

- zfs：最初设计为Solaris 10上的写时文件系统，拥有不少好的特

性，但对Linux支持还不够成熟。

总结一下，AUFS和Device Mapper的应用最为广泛，支持也相对成熟，推荐生产环境考虑。长期来看，OverlayFS将可能具有更好的特性。

## 17.5 Linux网络虚拟化

Docker的本地网络实现其实就是利用了Linux上的网络命名空间和虚拟网络设备（特别是veth pair）。熟悉这两部分的基本概念，有助于理解Docker网络的实现过程。

### 1.基本原理

直观上看，要实现网络通信，机器需要至少一个网络接口（物理接口或虚拟接口）与外界相通，并可以收发数据包；此外，如果不同子网之间要进行通信，需要额外的路由机制。

Docker中的网络接口默认都是虚拟的接口。虚拟接口的最大优势就是转发效率极高。这是因为Linux通过在内核中进行数据复制来实现虚拟接口之间的数据转发，即发送接口的发送缓存中的数据包将被直接复制到接收接口的接收缓存中，而无需通过外部物理网络设备进行交换。对于本地系统和容器内系统来看，虚拟接口跟一个正常的以太网卡相比并无区别，只是它速度要快得多。

Docker容器网络就很好地利用了Linux虚拟网络技术，在本地主机和容器内分别创建一个虚拟接口，并让它们彼此连通（这样的一对接口叫做veth pair），如图17-4所示。

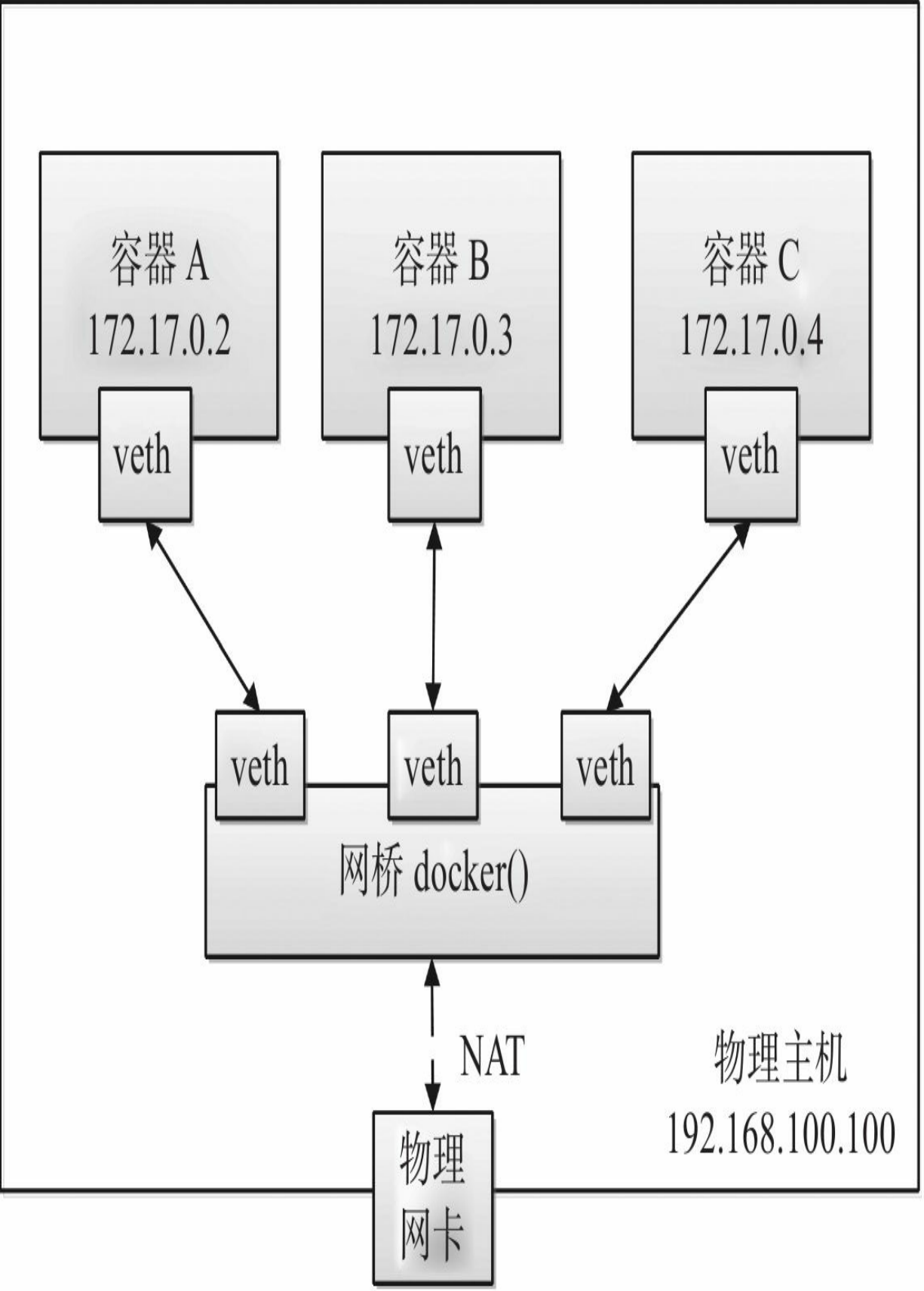


图17-4 Linux虚拟机网络技术

## 2.网络创建过程

一般情况下，Docker创建一个容器的时候，会具体执行如下操作：

- 1) 创建一对虚拟接口，分别放到本地主机和新容器的命名空间中；
- 2) 本地主机一端的虚拟接口连接到默认的docker0网桥或指定网桥上，并具有一个以veth开头的唯一名字，如veth1234；
- 3) 容器一端的虚拟接口将放到新创建的容器中，并修改名字作为eth0。这个接口只在容器的命名空间可见；
- 4) 从网桥可用地址段中获取一个空闲地址分配给容器的eth0（例如172.17.0.2/16），并配置默认路由网关为docker0网卡的内部接口docker0的IP地址（例如172.17.42.1/16）。

完成这些之后，容器就可以使用它能看到的eth0虚拟网卡来连接其他容器和访问外部网络。

用户也可以通过docker network命令来手动管理网络，将在后续第21章介绍。

在使用docker run命令启动容器的时候，可以通过--net参数来指定容器的网络配置。

有5个可选值bridge、none、container、host和用户定义的网络：

·**--net=bridge**：默认值，在Docker网桥docker0上为容器创建新的网络栈。

·**--net=none**：让Docker将新容器放到隔离的网络栈中，但是不进行网络配置。之后，用户可以自行进行配置。

·**--net=container: NAME\_or\_ID**：让Docker将新建容器的进程放到一个已存在容器的网络栈中，新容器进程有自己的文件系统、进程列表和资源限制，但会和已存在的容器共享IP地址和端口等网络资源，两者

进程可以直接通过lo环回接口通信。

·**--net=host**: 告诉Docker不要将容器网络放到隔离的命名空间中，即不要容器化容器内的网络。此时容器使用本地主机的网络，它拥有完全的本地主机接口访问权限。容器进程可以跟主机其他root进程一样打开低范围的端口，可以访问本地网络服务，比如D-bus，还可以让容器做一些影响整个主机系统的事情，比如重启主机。因此使用这个选项的时候要非常小心。如果进一步的使用**--privileged=true**参数，容器甚至会被允许直接配置主机的网络栈。

·**--net=user\_defined\_network**: 用户自行用network相关命令创建一个网络，通过这种方式将容器连接到指定的已创建网络上。

### 3.手动配置网络

用户使用**--net=none**后，Docker将不对容器网络进行配置。下面，将手动完成配置网络的整个过程。通过这个过程，可以了解到Docker配置网络的更多细节。

首先，启动一个/bin/bash容器，指定**--net=none**参数：

---

```
$ docker run -i -t --rm --net=none base /bin/bash
root@63f36fc01b5f:/#
```

---

在本地主机查找容器的进程id，并为它创建网络命名空间：

---

```
$ docker inspect -f '{{.State.Pid}}' 63f36fc01b5f
2778
$ pid=2778
$ sudo mkdir -p /var/run/netns
$ sudo ln -s /proc/$pid/ns/net /var/run/netns/$pid
```

---

检查桥接网卡的IP和子网掩码信息：

---

```
$ ip addr show docker0
21: docker0: ...
inet 172.17.42.1/16 scope global docker0
...
```

---

创建一对“veth pair”接口A和B，绑定A接口到网桥docker0，并启用它：

---

```
$ sudo ip link add A type veth peer name B
$ sudo brctl addif docker0 A
$ sudo ip link set A up
```

---

将B接口放到容器的网络命名空间，命名为eth0，启动它并配置一个可用IP（桥接网段）和默认网关：

---

```
$ sudo ip link set B netns $pid
$ sudo ip netns exec $pid ip link set dev B name eth0
$ sudo ip netns exec $pid ip link set eth0 up
$ sudo ip netns exec $pid ip addr add 172.17.42.99/16 dev eth0
$ sudo ip netns exec $pid ip route add default via 172.17.42.1
```

---

以上，就是Docker配置网络的具体过程。

当容器终止后，Docker会清空容器，容器内的网络接口会随网络命名空间一起被清除，A接口也会自动从docker0卸载并清除。

此外，在删除/var/run/netns/下的内容之前，用户可以使用ip netns exec命令在指定网络命名空间中进行配置，从而更新容器内的网络配置。



## 17.6 本章小结

本章具体剖析了Docker实现的一些核心技术，包括它的基本架构，以及所依赖的Linux操作系统中的命名空间、控制组、联合文件系统、虚拟网络支持等。大部分都是Linux操作系统上已有的技术。

从本章中读者可以看到，Docker的优秀特性跟Linux操作系统的强大、特别是Linux上成熟的容器技术支持是分不开的。在实际使用Docker容器的过程中，还将涉及如何调整系统配置来优化容器性能，这些都需要有丰富的Linux系统运维知识和实践经验。

通过runc等更通用的容器运行时技术标准，Docker已经可以移植到Linux之外的多种平台上，这将使得它的应用范围更为广泛。

此外，通过插件化的网络机制，Docker还可以支持更多更强大的网络虚拟化功能，这将在后续章节介绍。

## 第18章 配置私有仓库

在使用Docker一段时间后，往往会发现手头积累了大量的自定义镜像文件，这些文件通过公有仓库进行管理并不方便；另外有时候只是希望在内部用户之间进行分享，不希望暴露出去。这种情况下，就有必要搭建一个本地私有镜像仓库。

在第一部分中，笔者曾介绍快速使用registry镜像搭建一个私有仓库的方法。本章笔者将具体讲解registry的使用技巧，并通过具体案例来展示如何搭建一个功能完善的私有镜像仓库。

在搭建完本地的私有仓库服务后，接下来会剖析registry的配置参数，最后介绍通过编写脚本来实现对镜像的快速批量化管理。

## 18.1 安装Docker Registry

Docker Registry工具目前最新为2.0系列版本，这一版本与一些类库、工具一起被打包为负责容器内容分发的工具集：**Docker Distribution**。目前其核心的功能组件仍为负责镜像仓库的管理。

新版本的Registry基于Golang进行了重构，提供更好的性能和扩展性，并且支持Docker 1.6+的API，非常适合用来构建私有的镜像注册服务器。官方仓库中也提供了Registry的镜像，因此用户可以通过容器运行和源码安装两种方式来使用Registry。

### 1.基于容器安装运行

基于容器的运行方式十分简单，只需要一条命令：

---

```
$ docker run -d -p 5000:5000 --restart=always --name registry registry:2.1
```

---

启动后比较关键的参数是指定配置文件和仓库存储路径。

Registry默认的配置文件的/etc/docker/registry/config.yml，因此，通过如下命令，可以指定使用本地主机上的配置文件（如/home/user/registry-conf）。

---

```
$ docker run -d -p 5000:5000 \
  --restart=always \
  --name registry \
  -v /home/user/registry-conf/config.yml:/etc/docker/registry/config.yml \
  registry:2
```

---

此外，Registry默认的存储位置为/var/lib/registry，可以通过-v参数来映射本地的路径到容器内。

例如下面的例子将镜像存储到本地/opt/data/registry目录。

---

```
$ docker run -d -p 5000:5000 --restart=always --name registry \
  -v /opt/data/registry:/var/lib/registry \
  registry:2
```

---

### 2.本地安装运行

有时候需要本地运行仓库服务，可以通过源码方式进行安装。

首先安装Golang环境支持，以Ubuntu为例，可以执行如下命令：

```
$ sudo add-apt-repository ppa:ubuntu-lxc/lxd-stable
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install golang
```

确认Golang环境安装成功，并配置\$GOPATH环境变量，例如/go。

创建\$GOPATH/src/github.com/docker/目录，并获取源码，如下所示：

```
$ mkdir -p $GOPATH/src/github.com/docker/
$ cd $GOPATH/src/github.com/docker/
$ git clone https://github.com/docker/distribution.git
$ cd distribution
```

将自带的模板配置文件复制到/etc/docker/registry/路径下，创建存储目录/var/lib/registry：

```
$ cp cmd/registry/config-dev.yml /etc/docker/registry/config.yml
$ mkdir -p /var/lib/registry
```

然后执行安装操作：

```
$ make PREFIX=/go clean binaries
```

编译成功后，可以通过下面的命令来启动：

```
$ registry serve /etc/docker/registry/config.yml
```

此时使用访问本地的5000端口，看到返回成功（200 OK），则说明运行成功：

```
$ curl -i 127.0.0.1:5000/v2/
HTTP/1.1 200 OK
Content-Length: 2
Content-Type: application/json; charset=utf-8
Docker-Distribution-API-Version: registry/2.0
X-Content-Type-Options: nosniff
Date: Wed, 31 Sep 2016 06:36:10 GMT
{}
```

## 18.2 配置TLS证书

当本地主机运行Registry服务后，所有能访问到该主机的Docker Host都可以把它作为私有仓库使用。只需要在镜像名称前面加上具体的服务器地址。

例如将本地的ubuntu: latest镜像上传到私有仓库myrepo.com:

---

```
$ docker tag ubuntu myrepo.com:5000/ubuntu
$ docker push myrepo.com:5000/ubuntu
```

---

或者从私有仓库myrepo.com下载镜像到本地:

---

```
$ docker pull myrepo.com:5000/ubuntu
$ docker tag myrepo.com:5000/ubuntu ubuntu
```

---

私有仓库需要启用TLS认证，否则会报错。在第一部分中，我们介绍了通过添加DOCKER\_OPTS="--insecure-registry myrepo.com: 5000"来避免这个问题。在这里将介绍如何获取和生成TLS证书。

### 1.自行生成证书

使用openssl工具可以很容易地生成私人证书文件:

---

```
$ mkdir -p certs
$ openssl req -newkey rsa:4096 -nodes -sha256 -keyout certs/myrepo.key -x509
-days 365 -out certs/myrepo.crt
```

---

生成过程中会提示填入各种信息，注意CN一栏的信息要填入跟访问的地址相同的域名，例如这里应该为myrepo.com。

生成结果为密钥文件myrepo.key，以及证书文件myrepo.crt。

其中证书文件需要发送给用户，并且配置到用户Docker Host上，注意路径需要跟域名一致，例如:

---

```
/etc/docker/certs.d/myrepo.com:5000/ca.crt
```

---

## 2.从代理商申请证书

如果Registry服务需要对外公开，需要申请大家都认可的证书。

知名的代理商包括SSLs.com、GoDaddy.com、LetsEncrypt.org、GlobalSign.com等，用户可以自行选择权威的证书提供商。

## 3.启用证书

当拥有秘钥文件和证书文件后，可以配置Registry启用证书支持，主要通过REGISTRY\_HTTP\_TLS\_CERTIFICATE和REGISTRY\_HTTP\_TLS\_KEY参数来设置：

---

```
docker run -d -p 5000:5000 --restart=always --name registry \
-v `pwd`/certs:/certs \
-e REGISTRY_HTTP_TLS_CERTIFICATE=/certs/myrepo.crt \
-e REGISTRY_HTTP_TLS_KEY=/certs/myrepo.key \
registry:2
```

---

## 18.3 管理访问权限

通常在生产场景中，对私有仓库还需要进行访问代理，以及提供认证和用户管理。

### 1.Docker Registry v2的认证模式

Docker Registry v2的认证模式和v1有了较大的变化，降低了系统的复杂度、减少了服务之间的交互次数，其基本工作模式如图18-1所示。

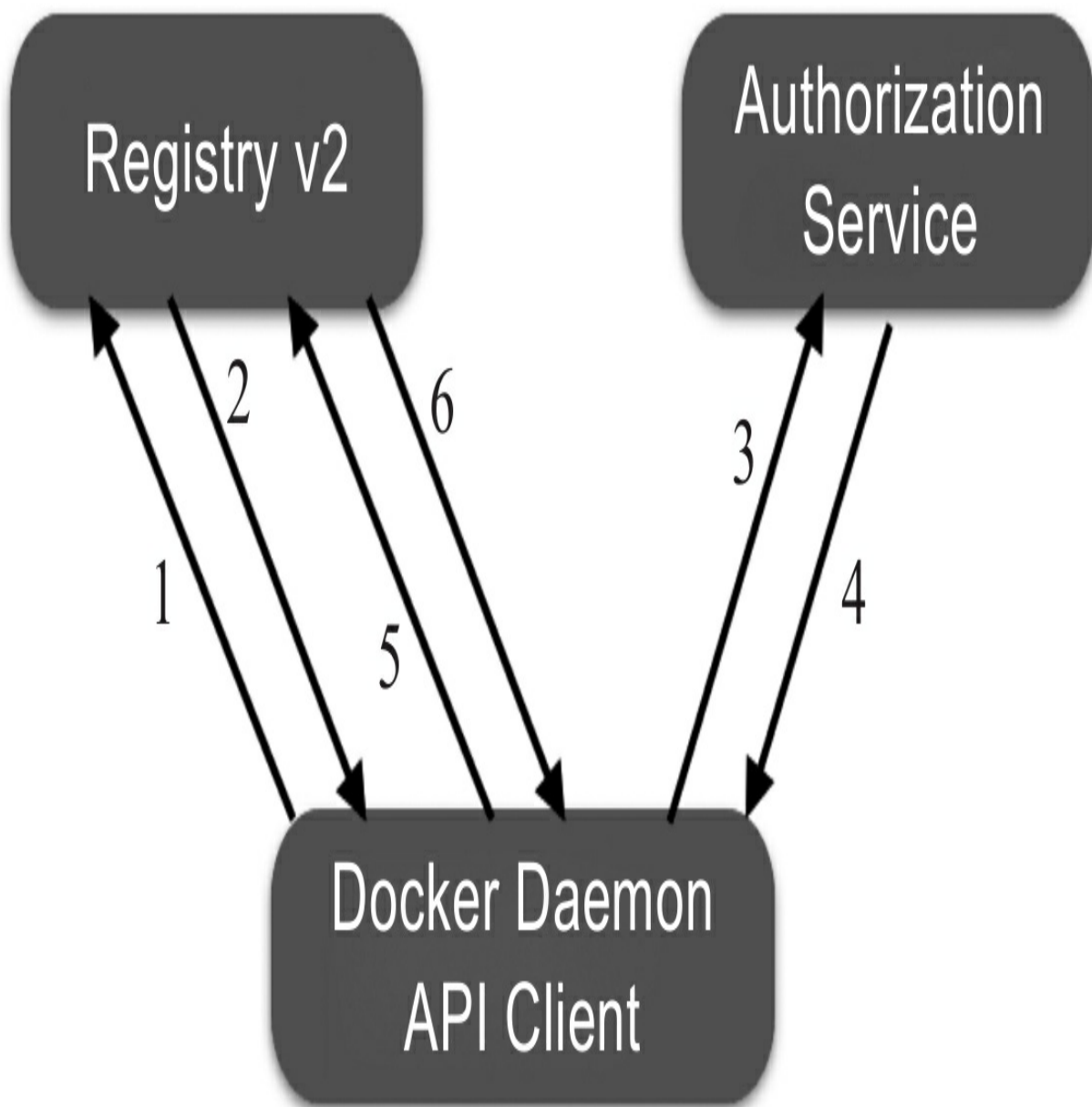


图18-1 Registry v2的认证模式

具体交互过程包括如下步骤：

- 1) Docker Daemon或者其他客户端尝试访问Registry服务器，比如pull、push或者访问manifest文件；
- 2) 在Registry服务器开启了认证服务模式时，就会直接返回401 Unauthorized错误，并通知调用方如何获得授权；



3) 调用方按照要求, 向Authorization Service发送请求, 并携带Authorization Service需要的信息, 比如用户名、密码;

4) 如果授权成功, 则可以拿到合法的Bearer token, 来标识该请求方可以获得的权限;

5) 请求方将拿到Bearer token加到请求的Authorization header中, 再次尝试步骤1中的请求;

6) Registry服务通过验证Bearer token以及JWT格式的授权数据, 来决定用户是否有权限进行请求的操作。

当启用认证服务时, 需要注意以下两个地方:

- 对于Authentication Service, Docker官方目前并没有放出对应的实现方案, 需要自行实现对应的服务接口;

- Registry服务和Authentication服务之间通过证书进行Bearer token的生成和认证, 所以要保证两个服务之间证书的匹配。

除了使用第三方实现的认证服务(如docker\_auth、SUSE Portus等)外, 还可以通过Nginx代理方式来配置基于用户名密码的认证。

## 2.配置Nginx代理

使用Nginx来代理Registry服务的原理十分简单, 在上一节中, 我们让Registry服务监听在127.0.0.1: 5000, 这意味着只允许本机才能通过5000端口访问到, 其他主机是无法访问到的。

为了让其他主机访问到, 可以通过Nginx监听在对外地址的15000端口, 当外部访问请求到达15000端口时, 内部再将请求转发到本地的5000端口。

首先, 安装Nginx:

---

```
$ sudo apt-get -y install nginx
```

---

在/etc/nginx/sites-available/目录下, 创建新的站点配置文

件/etc/nginx/sites-available/docker-registry.conf，代理本地的15000端口转发到5000端口。

配置文件内容如下：

---

```
# 本地的registry服务监听在15000端口
upstream docker-registry {
    server localhost:5000;
}
# 代理服务器监听在15000端口
server {
    listen 15000;
    server_name private-registry-server.com;
    add_header 'Docker-Distribution-API-Version' 'registry/2.0' always;
    # If you have SSL certification files, then can enable this section.
    ssl on;
    ssl_certificate /etc/ssl/certs/myrepo.crt;
    ssl_certificate_key /etc/ssl/private/myrepo.key;
    proxy_pass http://docker-registry;
    proxy_set_header Host $http_host; # required for docker
    client's sake
    proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr; # pass on real client's IP
    proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;
    proxy_set_header X-Forwarded-Proto $scheme;
    proxy_read_timeout 600;
    client_max_body_size 0; # disable any limits to avoid HTTP 413 for large
    image uploads
    # required to avoid HTTP 411: see Issue #1486 (https://github.com/docker/docker/issues/1486)
    chunked_transfer_encoding on;
    location /v2/ {
        # 禁止旧版本Docker访问
        if ($http_user_agent ~ "(docker\/1\.(3|4|5(?:!\.[0-9]-dev))|Go ).*$" ) {
            return 404;
        }
        # 配置转发访问请求到registry服务
        proxy_pass http://docker-registry;
    }
}
```

---

建立配置文件软连接，放到/etc/nginx/sites-enabled/下面，让Nginx启用它，最后重启Nginx服务：

---

```
$ sudo ln -s /etc/nginx/sites-available/docker-registry.conf /etc/nginx/sites-enabled/docker-registry.conf
$ service nginx restart
```

---

之后，可以通过上传镜像来测试服务是否正常。测试上传本地的ubuntu: latest镜像：

---

```
$ docker tag ubuntu:14.04 127.0.0.1:15000/ubuntu:latest
$ docker push 127.0.0.1:15000/ubuntu:latest
```

---

### 3.添加用户认证

公共仓库Docker Hub是通过注册索引（index）服务来实现的。由于Index服务并没有完善的开源实现，在这里介绍基于Nginx代理的用户访问管理方案。

Nginx支持基于用户名和密码的访问管理。

首先，在配置文件的location/字段中添加两行：

---

```
...
location / {
    # let Nginx know about our auth file
    auth_basic "Please Input username/password";
    auth_basic_user_file    docker-registry-htpasswd;
    proxy_pass http://docker-registry;
}
...
```

---

其中，auth\_basic行说明启用认证服务，不通过的请求将无法转发。auth\_basic\_user\_file行则指定了验证的用户名密码存储文件为本地（/etc/nginx/下）的docker-registry-htpasswd文件。

docker-registry-htpasswd文件中存储用户名密码的格式为每行放一个用户名、密码对。例如：

---

```
...
user1:password1
user2:password2
...
```

---

需要注意的是，密码字段存储的并不是明文，而是使用crypt函数加密过的字符串。

要生成加密后的字符串，可以使用htpasswd工具，首先安装apache2-utils：

---

```
$ sudo aptitude install apache2-utils -y
```

---

创建用户user1，并添加密码。

例如，如下的操作会创建/etc/nginx/docker-registry-htpasswd文件来保存用户名和加密后的密码信息，并创建user1和对应的密码：

---

```
$ sudo htpasswd -c /etc/nginx/docker-registry-htpasswd user1
$ New password:
$ Re-type new password:
$ Adding password for user user1
```

---

添加更多用户，可以重复上面的命令（密码文件存在后，不需要再

使用-c选项来新创建）。

最后，重新启动Nginx服务：

---

```
$ sudo service nginx restart
```

---

此时，通过浏览器访问本地的服务[http://127.0.0.1: 15000/v2/](http://127.0.0.1:15000/v2/)，会弹出对话框，提示需要输入用户名和密码。

通过命令行访问，需要在地址前面带上用户名和密码才能正常返回：

---

```
$ curl USERNAME:PASSWORD@127.0.0.1:15000/v2/
```

---

除了使用Nginx作为反向代理外，Registry自身也支持简单的基于用户名和密码的认证和基于token的认证，可以通过如下环境变量来指定：

---

```
REGISTRY_AUTH: htpasswd
REGISTRY_AUTH_HTPASSWD_PATH: /auth/htpasswd
REGISTRY_AUTH_HTPASSWD_REALM: basic
```

---

## 4.用Compose启动Registry

一般情况下，用户使用Registry需要的配置包括存储路径、TLS证书和用户认证。这里提供一个基于Docker Compose的快速启动Registry的模板：

---

```
registry:
  restart: always
  image: registry:2.1
  ports:
    - 5000:5000
  environment:
    REGISTRY_HTTP_TLS_CERTIFICATE: /certs/myrepo.crt
    REGISTRY_HTTP_TLS_KEY: /certs/myrepo.key
    REGISTRY_AUTH: htpasswd
    REGISTRY_AUTH_HTPASSWD_PATH: /auth/docker-registry-htpasswd
    REGISTRY_AUTH_HTPASSWD_REALM: basic
  volumes:
    - /path/to/data:/var/lib/registry
    - /path/to/certs:/certs
    - /path/to/auth:/auth
```

---

## 18.4 配置Registry

Docker Registry提供了一些样例配置，用户可以直接使用它们来进行开发或生产部署。

笔者将以下面的示例配置来介绍如何使用配置文件来管理私有仓库。

### 18.4.1 示例配置

代码如下：

---

```
version: 0.1
log:
  level: debug
  fields:
    service: registry
    environment: development
hooks:
  - type: mail
    disabled: true
    levels:
      - panic
    options:
      smtp:
        addr: mail.example.com:25
        username: mailuser
        password: password
        insecure: true
        from: sender@example.com
        to:
          - errors@example.com
storage:
  delete:
    enabled: true
  cache:
    blobdescriptor: redis
  filesystem:
    rootdirectory: /var/lib/registry
  maintenance:
    uploadpurging:
      enabled: false
http:
  addr: :5000
  debug:
    addr: localhost:5001
  headers:
    X-Content-Type-Options: [nosniff]
redis:
  addr: localhost:6379
  pool:
    maxidle: 16
    maxactive: 64
    idletimeout: 300s
  dialtimeout: 10ms
  readtimeout: 10ms
  writetimeout: 10ms
notifications:
  endpoints:
    - name: local-5003
      url: http://localhost:5003/callback
      headers:
        Authorization: [Bearer <an example token>]
      timeout: 1s
      threshold: 10
      backoff: 1s
      disabled: true
    - name: local-8083
      url: http://localhost:8083/callback
      timeout: 1s
      threshold: 10
      backoff: 1s
      disabled: true
```

```
health:
  storagedriver:
    enabled: true
    interval: 10s
    threshold: 3
```

---

## 18.4.2 选项

这些选项以yaml文件格式提供，用户可以直接进行修改，也可以添加自定义的模板段。

默认情况下，变量可以从环境变量中读取，例如log.level: debug可以配置为：

```
export LOG_LEVEL=debug
```

---

比较重要的选项包括版本信息、log选项、hooks选项、存储选项、认证选项、HTTP选项、通知选项、redis选项、健康监控选项、代理选项和验证选项等。下面分别介绍这些选项。

### 1.版本信息

---

```
version: 0.1
```

---

### 2.log选项

日志相关：

```
log:
  level: debug
  formatter: text
  fields:
    service: registry
    environment: staging
```

---

参数说明：

·level: 字符串类型，标注输出调试信息的级别，包括debug、info、warn、error。

·formatter: 字符串类型，日志输出的格式，包括text、json、logstash等。

·fields: 增加到日志输出消息中的键值对，可以用于过滤日志。

### 3.hooks选项

配置当仓库发生异常时，通过邮件发送日志时的参数：

---

```
hooks:
  - type: mail
    levels:
      - panic
    options:
      smtp:
        addr: smtp.sendhost.com:25
        username: sendname
        password: password
        insecure: true
        from: name@sendhost.com
        to:
          - name@receivehost.com
```

---

### 4.存储选项

storage选项将配置存储的引擎，默认支持包括本地文件系统、Google云存储、AWS S3云存储和OpenStack Swift分布式存储等，如下所示：

---

```
storage:
  filesystem:
    rootdirectory: /var/lib/registry
  azure:
    accountname: accountname
    accountkey: base64encodedaccountkey
    container: containername
  gcs:
    bucket: bucketname
    keyfile: /path/to/keyfile
    rootdirectory: /gcs/object/name/prefix
  s3:
    accesskey: awsaccesskey
    secretkey: awssecretkey
    region: us-west-1
    regionendpoint: http://myobjects.local
    bucket: bucketname
    encrypt: true
    keyid: mykeyid
    secure: true
    v4auth: true
    chunksize: 5242880
    multipartcopychunksize: 33554432
    multipartcopymaxconcurrency: 100
    multipartcopythresholdsize: 33554432
    rootdirectory: /s3/object/name/prefix
  swift:
    username: username
    password: password
    authurl: https://storage.myprovider.com/auth/v1.0 or https://storage.
      myprovider.com/v2.0 or https://storage.myprovider.com/v3/auth
    tenant: tenantname
    tenantid: tenantid
    domain: domain name for Openstack Identity v3 API
    domainid: domain id for Openstack Identity v3 API
    insecureverify: true
    region: fr
    container: containername
    rootdirectory: /swift/object/name/prefix
  oss:
    accesskeyid: accesskeyid
    accesskeysecret: accesskeysecret
    region: OSS region name
    endpoint: optional endpoints
    internal: optional internal endpoint
    bucket: OSS bucket
    encrypt: optional data encryption setting
```

```
secure: optional ssl setting
chunksize: optional size valye
rootdirectory: optional root directory
inmemory:
delete:
  enabled: false
cache:
  blobdescriptor: inmemory
maintenance:
  uploadpurging:
    enabled: true
    age: 168h
    interval: 24h
    dryrun: false
redirect:
  disable: false
```

---

比较重要的选项如下：

·**maintenance**：配置维护相关的功能，包括对孤立旧文件的清理、开启只读模式等；

·**delete**：是否允许删除镜像功能，默认关闭；

·**cache**：开启对镜像层元数据的缓存功能，默认开启；

## 5.认证选项

对认证类型的配置，如下所示：

---

```
auth:
  silly:
    realm: silly-realm
    service: silly-service
  token:
    realm: token-realm
    service: token-service
    issuer: registry-token-issuer
    rootcertbundle: /root/certs/bundle
  httpasswd:
    realm: basic-realm
path: /path/to/httpasswd
```

---

比较重要的选项如下：

·**silly**：仅供测试使用，只要请求头带有认证域即可，不做内容检查；

·**token**：基于token的用户认证，适用于生产环境，需要额外的token服务来支持；

·**httpasswd**：基于Apache httpasswd密码文件的权限检查。

## 6.HTTP选项



跟HTTP服务相关的配置，如下所示：

```
http:
  addr: localhost:5000
  net: tcp
  prefix: /my/nested/registry/
  host: https://myregistryaddress.org:5000
  secret: asecretforlocaldevelopment
  relativeurls: false
  tls:
    certificate: /path/to/x509/public
    key: /path/to/x509/private
    clientcas:
      - /path/to/ca.pem
      - /path/to/another/ca.pem
    letsencrypt:
      cachefile: /path/to/cache-file
      email: emailused@letsencrypt.com
  debug:
    addr: localhost:5001
  headers:
    X-Content-Type-Options: [nosniff]
  http2:
    disabled: false
```

其中的参数如下：

- addr：必选，服务监听地址；
- secret：必选，跟安全相关的随机字符串，用户可以自己定义；
- tls：证书相关的文件路径信息；
- http2：是否开启http2支持，默认关闭。

## 7.通知选项

有事件发生时候的通知系统。

```
notifications:
  endpoints:
    - name: alistener
      disabled: false
      url: https://my.listener.com/event
      headers: <http.Header>
      timeout: 500
      threshold: 5
      backoff: 1000
```

## 8.redis选项

Registry可以用Redis来缓存文件块，这里可以配置相关选项：

```
redis:
  addr: localhost:6379
  password: asecret
  db: 0
  dialtimeout: 10ms
```

```
readtimeout: 10ms
writettimeout: 10ms
pool:
  maxidle: 16
  maxactive: 64
  idletimeout: 300s
```

---

## 9.健康监控选项

跟健康监控相关，主要是对配置服务进行检测判断系统状态，如下所示：

---

```
health:
  storagedriver:
    enabled: true
    interval: 10s
    threshold: 3
  file:
    - file: /path/to/checked/file
      interval: 10s
  http:
    - uri: http://server.to.check/must/return/200
      headers:
        Authorization: [Basic QWxhZGRpbjpvcGVuIHNlc2FtZQ==]
        statuscode: 200
        timeout: 3s
        interval: 10s
        threshold: 3
  tcp:
    - addr: redis-server.domain.com:6379
      timeout: 3s
      interval: 10s
      threshold: 3
```

---

默认并未启用。

## 10.代理选项

配置Registry作为一个pull代理，从远端（目前仅支持官方仓库）下拉Docker镜像，如下所示：

---

```
proxy:
  remoteurl: https://registry-1.docker.io
  username: [username]
  password: [password]
```

---

之后，用户可以通过如下命令来配置Docker使用代理：

---

```
$ docker --registry-mirror=https://myrepo.com:5000 daemon
```

---

## 11.验证选项

限定来自指定地址的客户端才可以执行push操作：

---

```
validation:
  enabled: true
  manifests:
    urls:
      allow:
        - ^https://([^/]+\.)*example\.com/
      deny:
        - ^https://www\.example\.com/
```

---

## 18.5 批量管理镜像

在之前章节中，笔者介绍了如何对单个镜像进行上传、下载的操作。有时候，本地镜像很多，逐个打标记进行操作将十分浪费时间。这里将以批量上传镜像为例，介绍如何利用脚本实现对镜像的批量化处理。

### 1. 批量上传指定镜像

可以使用下面的`push_images.sh`脚本，批量上传本地的镜像到注册服务器中，默认是本地注册服务器`127.0.0.1:5000`，用户可以通过修改`registry=127.0.0.1:5000`这行来指定目标注册服务器：

---

```
#!/bin/sh
# This script will upload the given local images to a registry server ($registry
# is the default value).
# See: https://github.com/yeasy/docker_practice/blob/master/_local/push_images.sh
# Usage: push_images image1 [image2...]
# Author: yeasy@github
# Create: 2014-09-23
#The registry server address where you want push the images into
registry=127.0.0.1:5000
### DO NOT MODIFY THE FOLLOWING PART, UNLESS YOU KNOW WHAT IT MEANS ###
echo_r () {
    [ $# -ne 1 ] && return 0
    echo -e "\033[31m$1\033[0m"
}
echo_g () {
    [ $# -ne 1 ] && return 0
    echo -e "\033[32m$1\033[0m"
}
echo_y () {
    [ $# -ne 1 ] && return 0
    echo -e "\033[33m$1\033[0m"
}
echo_b () {
    [ $# -ne 1 ] && return 0
    echo -e "\033[34m$1\033[0m"
}
usage() {
    docker images
    echo "Usage: $0 registry1:tag1 [registry2:tag2...]"
}
[ $# -lt 1 ] && usage && exit
echo_b "The registry server is $registry"
for image in "$@"
do
    echo_b "Uploading $image..."
    docker tag $image $registry/$image
    docker push $registry/$image
    docker rmi $registry/$image
    echo_g "Done"
done
```

---

建议把脚本存放到本地的可执行路径下，例如`/usr/local/bin/`下面。然后添加可执行权限，就可以使用该脚本了：

---

```
$ sudo chmod a+x /usr/local/bin/push_images.sh
```

---

例如，推送本地的ubuntu: latest和centos: centos7两个镜像到本地仓库：

---

```
$ ./push_images.sh ubuntu:latest centos:centos7
The registry server is 127.0.0.1
Uploading ubuntu:latest...
The push refers to a repository [127.0.0.1:5000/ubuntu] (len: 1)
Sending image list
Pushing repository 127.0.0.1:5000/ubuntu (1 tags)
Image 511136ea3c5a already pushed, skipping
Image bfb8b5a2ad34 already pushed, skipping
Image c1f3bdbd8355 already pushed, skipping
Image 897578f527ae already pushed, skipping
Image 9387bcc9826e already pushed, skipping
Image 809ed259f845 already pushed, skipping
Image 96864a7d2df3 already pushed, skipping
Pushing tag for rev [96864a7d2df3] on {http://127.0.0.1:5000/v1/repositories/
  ubuntu/tags/latest}
Untagged: 127.0.0.1:5000/ubuntu:latest
Done
Uploading centos:centos7...
The push refers to a repository [127.0.0.1:5000/centos] (len: 1)
Sending image list
Pushing repository 127.0.0.1:5000/centos (1 tags)
Image 511136ea3c5a already pushed, skipping
34e94e67e63a: Image successfully pushed
70214e5d0a90: Image successfully pushed
Pushing tag for rev [70214e5d0a90] on {http://127.0.0.1:5000/v1/repositories/
  centos/tags/centos7}
Untagged: 127.0.0.1:5000/centos:centos7
Done
```

---

上传后，查看本地镜像，会发现上传中创建的临时标签也同时被清理了。

## 2.上传本地所有镜像

在push\_images工具的基础上，还可以进一步的创建push\_all工具，来上传本地所有镜像：

---

```
#!/bin/sh
# This script will upload all local images to a registry server ($registry is
# the default value).
# This script requires the push_images, which can be found at https://github.com/
# yeasy/docker_practice/blob/master/_local/push_images.sh
# Usage: push_all
# Author: yeasy@github
# Create: 2014-09-23
for image in `docker images|grep -v "REPOSITORY"|grep -v "<none>"|awk '{print $1":"$2}'`
do
    push_images.sh $image
done
```

---

另外，推荐读者把它放在/usr/local/bin/下面，并添加可执行权限。这样就可以通过push\_all命令来同步本地所有镜像到本地私有仓库了。

同样，读者可以试着修改脚本，实现批量化下载镜像、删除镜像、更新镜像标签等更多的操作。

## 18.6 使用通知系统

Docker Registry v2还内置提供了Notification功能，提供了非常方便、快捷的集成接口，避免了v1中需要用户自己实现的麻烦。

Notification功能其实就是Registry在有事件发生的时候，向用户自己定义的地址发送webhook通知。目前的事件包括镜像manifest的push、pull，镜像层的push、pull。这些动作会被序列化成webhook事件的payload，为集成服务提供事件详情，并通过Registry v2的内置广播系统发送到用户定义的服务接口，Registry v2称这些用户服务接口为Endpoints。

Registry服务器的事件会通过HTTP协议发送到用户定义的所有Endpoints上，而且每个Registry实例的每个Endpoint都有自己独立的队列，重试选项以及HTTP的目的地址。当一个动作发生时，会被转换成对应的事件并放置到一个内存队列中。镜像服务器会依次处理队列中的事件，并向用户定义的Endpoint发送请求。事件发送处理是串行的，但是Registry服务器并不会保证其到达顺序。

### 18.6.1 相关配置

Notification在Docker Registry中的相关配置如下：

---

```
notifications:
  endpoints:
    - name: cd-handler
      disabled: false
      url: http://cd-service-host/api/v1/cd-service
      headers:
        Authorization: [token *****]
      timeout: 1s
      threshold: 5
      backoff: 10s
```

---

上面的配置会在pull或者push发生时向<http://cd-service-host/api/v1/cd-service>发送事件，并在HTTP请求的header中传入认证信息，可以是Basic、token、Bearer等模式，主要用于接收事件方进行身份认证。更新配置后，需要重启Registry服务器，如果配置正确，会在日志中看到对应的提示信息，比如：

---

```
configuring endpoint listener (http://cd-service-host/api/v1/cd-service), timeout=1s,
headers=map[Authorization: [token *****]]
```

---

此时，用户再通过docker客户端去push或pull，或者查询一些manifest信息时，就会有相应的事件发送到定义的Endpoint上。

接下来看一下事件的格式和其中的主要属性：

---

```
{
  "events": [
    {
      "id": "70f44894-c4b4-4be8-9691-d37db77074cd",
      "timestamp": "2016-06-05T01:57:04.654256149Z",
      "action": "push",
      "target": {
        "mediaType": "application/vnd.docker.distribution.manifest.v1+json",
        "size": 45765,
        "digest": "sha256:fd0af29ba2ae034449bffb18dd6db2ed90d798464cc43aa81e63770713edaea8",
        "length": 45765,
        "repository": "test-user/hello-world",
        "url": "http://registry-server/v2/test-user/hello-world/manifests/sha256:fd0af29ba2ae034449bffb18dd6db2ed90d798464cc43aa81e63770713edaea8"
      },
      "request": {
        "id": "9d3d837f-d7ed-4fa9-afb4-dda58687a6ce",
        "addr": "client-host:46504",
        "host": "registry-server",
        "method": "PUT",
        "useragent": "docker/1.9.1 go/go1.4.2 git-commit/a34a1d5 kernel/4.2.0-35-generic os/linux arch/amd64"
      },
      "actor": {
        "name": "test-user"
      },
      "source": {
        "addr": "8e14c2a190f2:5000",
        "instanceID": "c564003e-dd9b-4a9b-8a30-fe8564e97ba9"
      }
    }
  ]
}
```

---

每个事件的payload，都是一个定义好的JSON格式的数据。

通知系统的主要属性主要包括action、target.mediaType、target.repository、target.url、request.method、request.useragent、actor.name等，参见表18-1。

表18-1 通知系统的主要属性

属 性	类型	描 述
action	string	事件所关联的动作类型, pull 或 push
target.mediaType	string	时间 payload 类型, 如 application/octet-stream 等
target.repository	string	镜像名称
target.url	string	事件对应的数据地址, 可以通过这个 URL 来获取此事件带来的更改
request.method	string	HTTP 请求的方法
request.useragent	string	带来此事件的客户端类型
actor.name	string	发起此次动作的用户

## 18.6.2 Notification的使用场景

理解了如何配置Docker Registry v2的Notification、Endpoint, 以及接收到的Event的数据格式, 我们就可以很方便地实现一些个性化的需求。这里简单列举两个场景, 一个是如何统计镜像的上传、下载次数, 方便了解镜像的使用情况, 另一个场景是对服务的持续部署, 方便管理镜像, 参见图18-2。

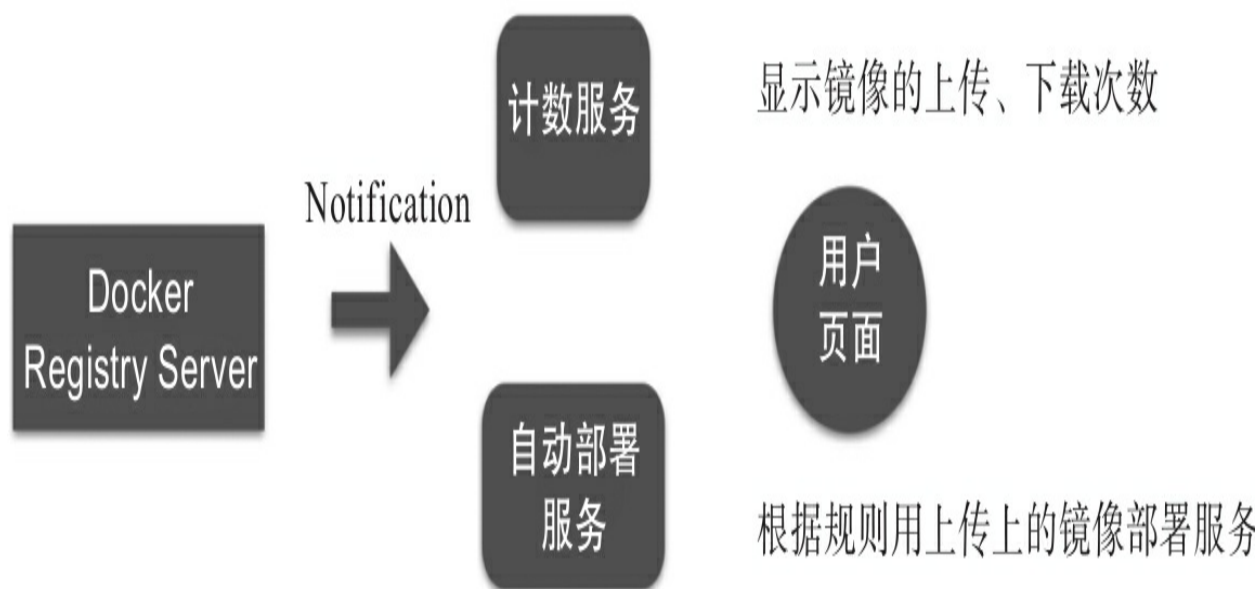


图18-2 通知系统整合持续部署



## 1. 镜像上传、下载计数

很常见的一个场景是根据镜像下载次数，向用户推荐使用最多的镜像，或者统计镜像更新的频率，以便了解用户对镜像的维护程度。

用户可以利用Notification的功能，定义自己的计数服务，并在Docker Registry上配置对应的Endpoint。在有pull、push动作发生时，对相应镜像的下载或者上传次数进行累加，达到计数效果。然后添加一个查询接口，供用户查看用户镜像的上传、下载次数，或者提供排行榜等扩展服务。

## 2. 实现应用的自动部署

在这个场景下，可以在新的镜像push到Docker Registry服务器时候，自动创建或者更新对应的服务，这样可以快速查看新镜像的运行效果或者进行集成测试。用户还可以根据事件中的相应属性，比如用户信息、镜像名称等，调用对应的服务部署接口进行自动化部署操作。

## 18.7 本章小结

本章详细介绍了使用Docker Registry的两种主要方式：通过容器方式运行和通过本地安装运行并注册为系统服务，以及添加Nginx反向代理，添加用户认证功能。接下来还详细介绍了Docker Registry配置文件中各个选项的含义和使用。最后演示如何通过脚本来实现对镜像的批量管理，以及使用Registry的通知系统来支持更多应用场景。读者通过本章的学习，将能轻松搭建一套私有的仓库服务环境，并对其进行管理操作。

私有仓库服务是集中存储镜像的场所，它的性能和稳定性将影响基于Docker容器的开发和部署过程。在生产环境中，笔者推荐使用负载均衡来提高仓库服务的性能；还可以利用HAProxy等方式对仓库服务进行容错。同时，为了安全考虑，要为仓库访问启用HTTPS等加密协议来确保通信的安全。

## 第19章 安全防护与配置

Docker是基于Linux操作系统实现的应用虚拟化。运行在容器内的进程，跟运行在本地系统中的进程本质上并无区别，配置不合适的安全策略将可能给本地系统带来安全风险。因此，Docker的安全性在生产环境中是十分关键的衡量因素。

Docker容器的安全性，很大程度上依赖于Linux系统自身。目前，在评估Docker的安全性时，主要考虑下面几个方面：

- Linux内核的命名空间机制提供的容器隔离安全；
- Linux控制组机制对容器资源的控制能力安全；
- Linux内核的能力机制所带来的操作权限安全；
- Docker程序（特别是服务端）本身的抗攻击性；
- 其他安全增强机制（包括AppArmor、SELinux等）对容器安全性的影响；
- 通过第三方工具（如Docker Bench工具）对Docker环境的安全性进行评估。

本章就针对这几个方面进行讨论。

## 19.1 命名空间隔离的安全

Docker容器和LXC容器在实现上很相似，所提供的安全特性也基本一致。当用`docker run`命令启动一个容器时，Docker将在后台为容器创建一个独立的命名空间。

命名空间提供了最基础也是最直接的隔离，在容器中运行的进程不会被运行在本地主机上的进程和其他容器通过正常渠道发现和影响。

例如，通过命名空间机制，每个容器都有自己独有的网络栈，意味着它们不能访问其他容器的套接字（`socket`）或接口。当然，容器默认可以与本地主机网络连通，如果主机系统上做了相应的交换设置，容器可以像跟主机交互一样和其他容器交互。启动容器时，指定公共端口或使用连接系统，容器可以相互通信了（用户可以根据配置来限制通信的策略）。

从网络架构的角度来看，所有的容器实际上是通过本地主机的网桥接口（`docker0`）进行相互通信，就像物理机器通过物理交换机通信一样。

那么，Linux内核中实现命名空间（特别是网络命名空间）的机制是否足够成熟呢？

Linux内核从2.6.15版本（2008年7月发布）开始引入命名空间，至今经历了数年的演化和改进，并应用于诸多大型生产系统中。

实际上，命名空间的想法和设计提出的时间要更早，最初是OpenVZ项目的重要特性。OpenVZ项目早在2005年就已经正式发布，其设计和实现更加成熟。

当然，与虚拟机方式相比，通过命名空间来实现的隔离并不是那么绝对。运行在容器中的应用可以直接访问系统内核和部分系统文件。因此，用户必须保证容器中应用是安全可信的（这跟保证运行在系统中的软件是可信的一样），否则本地系统将可能受到威胁，即必须保证镜像的来源和自身可靠。

Docker自1.3.0版本起对镜像管理引入了签名系统，加强了对镜像安

全性的防护，用户可以通过签名来验证镜像的完整性和正确性。

## 19.2 控制组资源控制的安全

控制组是Linux容器机制中的另外一个关键组件，它负责实现资源的审计和限制。

控制组机制的相关技术出现于2006年，Linux内核从2.6.24版本开始正式引入该技术。

当用户执行`docker run`命令启动一个Docker容器时，Docker将通过Linux相关的调用，在后台为容器创建一个独立的控制组策略集合，该集合将限制容器内应用对资源的消耗。

控制组提供了很多有用的特性。它确保各个容器可以公平地分享主机的内存、CPU、磁盘IO等资源；当然，更重要的是，通过控制组，可以限制容器对资源的占用，确保了当某个容器对资源消耗过大时，不会影响到本地主机系统和其他容器。

尽管控制组不负责隔离容器之间相互访问、处理数据和进程，但是它在防止恶意攻击特别是拒绝服务攻击（DDoS）方面是十分有效的。

对于支持多用户的服务平台（比如公有的各种Paas、容器云）上，控制组尤其重要。例如，当个别应用容器出现异常的时候，可以保证本地系统和其他容器正常运行而不受影响，从而避免引发“雪崩”灾难。

## 19.3 内核能力机制

能力机制（Capability）是Linux内核一个强大的特性，可以提供细粒度的权限访问控制。传统的Unix系统对进程权限只有根权限（用户id为0，即为root用户）和非根权限（用户非root用户）两种粗粒度的区别。

Linux内核自2.2版本起支持能力机制，它将权限划分为更加细粒度的操作能力，既可以作用在进程上，也可以作用在文件上。

例如，一个Web服务进程只需要绑定一个低于1024的端口的权限，并不需要完整的root权限。那么它只需要被授权net\_bind\_service能力即可。此外，还有很多其他的类似能力来避免进程获取root权限。

默认情况下，Docker启动的容器被严格限制只允许使用内核的一部分能力，包括chown、dac\_override、fowner、kill、setgid、setuid、setpcap、net\_bind\_service、net\_raw、sys\_chroot、mknod、setfcap、audit\_write，等等。

使用能力机制对加强Docker容器的安全性有很多好处。通常，在服务器上会运行一堆需要特权权限的进程，包括ssh、cron、syslogd、硬件管理工具模块（例如负载模块）、网络配置工具，等等。容器跟这些进程是不同的，因为几乎所有的特权进程都由容器以外的支持系统来进行管理，例如：

- ssh访问被宿主主机上的ssh服务来管理；
- cron通常应该作为用户进程执行，权限交给使用它服务的应用来处理；
- 日志系统可由Docker或第三方服务管理；
- 硬件管理无关紧要，容器中也就无需执行udev以及类似服务；
- 网络管理也都在主机上设置，除非特殊需求，容器不需要对网络进行配置。

从上面的例子可以看出，大部分情况下，容器并不需要“真正的”root权限，容器只需要少数的能力即可。为了加强安全，容器可以禁用一些没必要的权限。包括：

- 禁止任何文件挂载操作；
- 禁止直接访问本地主机的套接字；
- 禁止访问一些文件系统的操作，比如创建新的设备、修改文件属性等；
- 禁止模块加载。

这样，就算攻击者在容器中取得了root权限，也不能获得本地主机的较高权限，能进行的破坏也有限。

不恰当地分配了内核能力，会导致容器内应用获取破坏本地系统的权限。例如，早期的Docker版本曾经不恰当的继承CAP\_DAC\_READ\_SEARCH能力，导致容器内进程可以通过系统调用访问到本地系统的任意文件目录。

默认情况下，Docker采用白名单机制，禁用了必需的一些能力之外的其他权限，目前支持CAP\_CHOWN、CAP\_DAC\_OVERRIDE、CAP\_FSETID、CAP\_FOWNER、CAP\_MKNOD、CAP\_NET\_RAW、CAP\_SETGID、CAP\_SETUID、CAP\_SETFCAP、CAP\_SETPCAP、CAP\_NET\_BIND\_SERVICE、CAP\_SYS\_CHROOT、CAP\_KILL、CAP\_AUDIT\_WRITE等。

当然，用户也可以根据自身需求来为Docker容器启用额外的权限。



## 19.4 Docker服务端的防护

使用Docker容器的核心是Docker服务端。Docker服务的运行目前还需要root权限的支持，因此服务端安全性十分关键。

首先，必须确保只有可信的用户才可以访问到Docker服务。Docker允许用户在主机和容器间共享文件夹，同时不需要限制容器的访问权限，这就容易让容器突破资源限制。例如，恶意用户启动容器的时候将主机的根目录/映射到容器的/host目录中，那么容器理论上就可以对主机的文件系统进行任意修改了。事实上，几乎所有虚拟化系统都允许类似的资源共享，而没法阻止恶意用户共享主机根文件系统到虚拟机系统。

这将会造成很严重的安全后果。因此，当提供容器创建服务时（例如通过一个Web服务器），要更加注意进行参数的安全检查，防止恶意的用户用特定参数来创建一些破坏性的容器。

为了加强对服务端的保护，Docker的REST API（客户端用来跟服务端通信的接口）在0.5.2之后使用本地的Unix套接字机制替代了原先绑定在127.0.0.1上的TCP套接字，因为后者容易遭受跨站脚本攻击。现在用户使用Unix权限检查来加强套接字的访问安全。

用户仍可以利用HTTP提供REST API访问。建议使用安全机制，确保只有可信的网络或VPN网络，或证书保护机制（例如受保护的stunnel和ssl认证）下的访问可以进行。此外，还可以使用HTTPS和证书来加强保护。

最近改进的Linux命名空间机制将可以实现使用非root用户来运行全功能的容器。这将从根本上解决了容器和主机之间共享文件系统而引起的安全问题。

目前，Docker自身改进安全防护的目标是实现以下两个重要安全特性：

- 将容器的root用户映射到本地主机上的非root用户，减轻容器和主机之间因权限提升而引起的安全问题；

- 允许Docker服务端在非root权限下运行，利用安全可靠的子进程来代理执行需要特权权限的操作。这些子进程将只允许在限定范围内进行操作，例如仅仅负责虚拟网络设定或文件系统管理、配置操作等。

## 19.5 更多安全特性的使用

除了能力机制之外，还可以利用一些现有的安全软件或机制来增强使用Docker的安全性，例如TOMOYO、AppArmor、SELinux、GRSEC等。

Docker当前默认只启用了能力机制。用户可以选择启用更多的安全方案来加强Docker主机的安全，例如：

- 在内核中启用GRSEC和PAX，这将增加更多的编译和运行时的安全检查；并且通过地址随机化机制来避免恶意探测等。启用该特性不需要Docker进行任何配置；

- 使用一些有增强安全特性的容器模板，比如带AppArmor的模板和Redhat带SELinux策略的模板。这些模板提供了额外的安全特性；

- 用户可以自定义更加严格的访问控制机制来定制安全策略。

此外，在将文件系统挂载到容器内部时候，可以通过配置只读（read-only）模式来避免容器内的应用通过文件系统破坏外部环境，特别是一些系统运行状态相关的目录，包括但不限于/proc/sys、/proc/irq、/proc/bus等等。这样，容器内应用进程可以获取所需要的系统信息，但无法对它们进行修改。

## 19.6 使用第三方检测工具

前面笔者介绍了大量增强Docker安全性的手段。要逐一去检查会比较繁琐，好在已经有了一些进行自动化检查的开源工具，比较出名的有Docker Bench和clair。下面分别介绍。

### 19.6.1 Docker Bench

Docker Bench是一个开源项目，代码托管在<https://github.com/docker/docker-bench-security>。

该项目按照互联网安全中心（Center for Internet Security, CIS）对于Docker 1.11+的安全规范进行一系列环境检查，发现当前Docker部署在配置、安全等方面的潜在问题。

CIS Docker规范在包括主机配置、Docker引擎、配置文件权限、镜像管理、容器运行时环境、安全项等六大方面都进行了相关的约束和规定。推荐大家在生产环境中使用Docker时，采用该规范作为部署的安全标准。

Docker Bench自身也提供了Docker镜像，采用如下命令，可以快速对本地环境进行安全检查。

---

```
$ docker run -it --net host --pid host --cap-add audit_control \
-v /var/lib:/var/lib \
-v /var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock \
-v /usr/lib/systemd:/usr/lib/systemd \
-v /etc:/etc --label docker_bench_security \
docker/docker-bench-security
# -----
# Docker Bench for Security v1.1.0
#
# Docker, Inc. (c) 2015-
#
# Checks for dozens of common best-practices around deploying Docker containers
# in production.
# Inspired by the CIS Docker 1.11 Benchmark:
# https://benchmarks.cisecurity.org/downloads/show-single/index.cfm?file=docker16.110
# -----
Initializing Sun Sep  7 03:34:36 UTC 2016
[INFO] 1 - Host Configuration
[WARN] 1.1 - Create a separate partition for containers
[PASS] 1.2 - Use an updated Linux Kernel
[PASS] 1.4 - Remove all non-essential services from the host - Network
[WARN] 1.5 - Keep Docker up to date
[WARN] * Using 1.10.3, when 1.12.0 is current as of 2016-07-28
[INFO] * Your operating system vendor may provide support and security
        maintenance for docker
[INFO] 1.6 - Only allow trusted users to control Docker daemon
[INFO] * docker:x:999:ubuntu
[WARN] 1.7 - Failed to inspect: auditctl command not found.
[WARN] 1.8 - Failed to inspect: auditctl command not found.
[WARN] 1.9 - Failed to inspect: auditctl command not found.
[INFO] 1.10 - Audit Docker files and directories - docker.service
[INFO] * File not found
[INFO] 1.11 - Audit Docker files and directories - docker.socket
[INFO] * File not found
```

```
[WARN] 1.12 - Failed to inspect: auditctl command not found.  
...
```

---

输出结果中，带有不同的级别，说明问题的严重程度。一般要尽量避免出现WARN或以上的问题。

## 19.6.2 clair

CoreOS团队推出的clair支持对容器的文件层进行扫描从而发现潜在漏洞，项目地址为<https://github.com/coreos/clair>。

读者可以通过如下命令快速体验：

---

```
$ curl -L https://raw.githubusercontent.com/coreos/clair/v1.2.2/docker-compose.  
  yml -o $HOME/docker-compose.yml  
$ mkdir $HOME/clair_config  
$ curl -L https://raw.githubusercontent.com/coreos/clair/v1.2.2/config.example.  
  yml -o $HOME/clair_config/config.yaml  
$ $EDITOR $HOME/clair_config/config.yaml # Edit database source to be postgresql://  
  postgres:password@postgres:5432?sslmode=disable  
$ docker-compose -f $HOME/docker-compose.yml up -d
```

---

## 19.7 本章小结

总体来看，基于Linux上成熟的安全机制以及结合Apparmor、SELinux、GRSEC等安全机制，可以很好地保证Docker容器的安全。

但是任何技术层面实现的安全，都需要合理的使用才能得到巩固，特别是对于生产系统，可能遭遇未知的安全风险，一定要配合完善的监控系统来加强管理。

在使用Docker过程中，对于安全问题需要注意如下几方面：

- 在使用Docker容器运行应用的时候，一定要牢记容器自身所提供的隔离性其实并没有那么完善，需要加强对容器内应用的安全审查。要时刻牢记，容器即应用，原先保障应用安全的各种手段，都可以合理地借鉴利用。

- 采用专用的服务器来运行Docker服务端和相关的管理服务，如ssh监控和进程监控、管理工具nrpe、collectd等，并对该服务器启用最高级别的安全机制，而把其他业务服务都放到容器中去运行。

- 将运行Docker容器的机器划分为不同的组，互相信任的机器放到同一个组内；组之间进行安全隔离；同时进行定期的安全检查。

- 随着容器大规模地使用和集成，甚至组成容器集群。需要考虑在容器网络上进行必备的安全防护，避免诸如DDoS、ARP攻击、规则表攻击等网络安全威胁，这也是生产环境需要关注的重要问题。

## 第20章 高级网络功能

本章将介绍Docker中关于网络的高级知识，包括网络的启动和配置参数、DNS的使用配置、容器访问和端口映射的相关实现。

接下来，介绍在一些具体场景中，Docker支持的网络定制配置，以及通过Linux命令来调整、补充、甚至替换Docker默认的网络配置。

最后介绍关于Docker网络的一些工具和项目。

## 20.1 网络启动与配置参数

Docker启动时会在主机上自动创建一个docker0虚拟网桥，实际上是一个Linux网桥，可以理解为一个软件交换机，它会在挂载其上的接口之间进行转发，如图20-1所示。



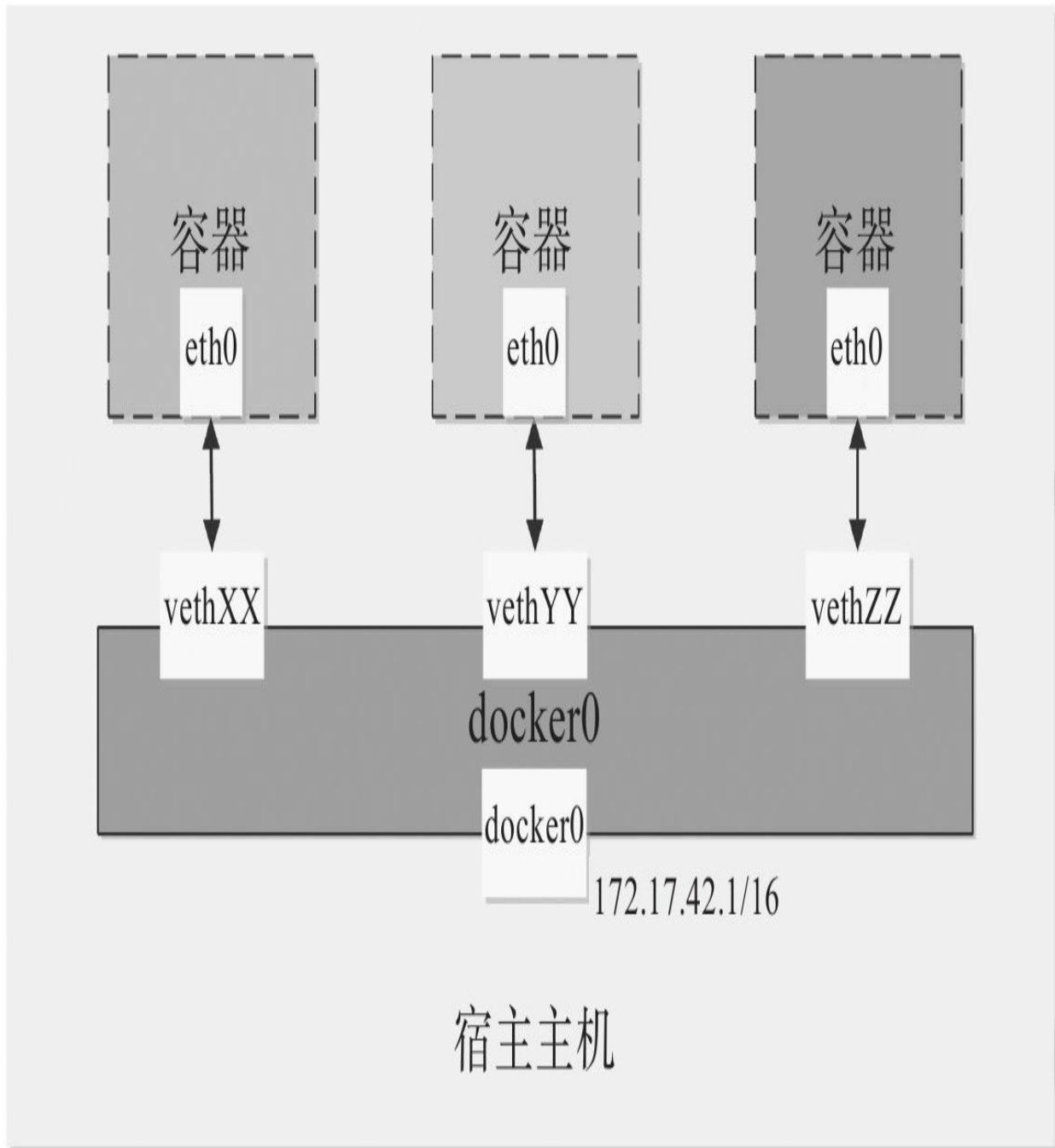


图20-1 Docker网络

同时，Docker随机分配一个本地未占用的私有网段（在RFC1918中定义）中的一个地址给docker0接口。比如典型的172.17.42.1，掩码为255.255.0.0。此后启动的容器内的网口也会自动分配一个同一网段（172.17.0.0/16）的地址。

当创建一个Docker容器的时候，同时会创建了一对veth pair接口（当数据包发送到一个接口时，另外一个接口也可以收到相同的数据包）。这对接口一端在容器内，即eth0；另一端在本地并被挂载到docker0网桥，名称以veth开头（例如vethAQI2QT）。通过这种方式，主机可以跟容器通信，容器之间也可以相互通信。如此一来，Docker就创建了在主机和所有容器之间一个虚拟共享网络。

下面是跟Docker网络相关的命令参数。其中有些命令选项只有在Docker服务启动的时候才能配置，而且不能马上生效：

- b BRIDGE or--bridge=BRIDGE——指定容器挂载的网桥；
- bip=CIDR——定制docker0的掩码；
- H SOCKET...or--host=SOCKET...——Docker服务端接收命令的通道；
- icc=true|false——是否支持容器之间进行通信；
- ip-forward=true|false——启用net.ipv4.ip\_forward，即打开转发功能；
- iptables=true|false——禁止Docker添加iptables规则；
- mtu=BYTES——容器网络中的MTU。

下面2个命令选项既可以在启动服务时指定，也可以Docker容器启动（docker run）时候指定。在Docker服务启动的时候指定则会成为默认值，后续执行docker run时可以覆盖设置的默认值。

- dns=IP\_ADDRESS...——使用指定的DNS服务器；
- dns-search=DOMAIN...——指定DNS搜索域。

最后这些选项只能在docker run执行时使用，因为它是针对容器的特性内容：

- h HOSTNAME or--hostname=HOSTNAME——配置容器主机名；

·`--link=CONTAINER_NAME: ALIAS`——添加到另一个容器的连接；

·`--net=bridge|none|container: NAME_or_ID|host|user_defined_network`——配置容器的桥接模式；

·`-p SPEC` or `--publish=SPEC`——映射容器端口到宿主主机；

·`-P` or `--publish-all=true|false`——映射容器所有端口到宿主主机。

其中，`--net`选项支持五种模式，如下所示：

·`--net=bridge`——默认配置。为容器创建独立的网络命名空间，分配网卡、IP地址等网络配置，并通过veth接口对将容器挂载到一个虚拟网桥（默认为docker0）上；

·`--net=none`——为容器创建独立的网络命名空间，但不进行网络配置，即容器内没有创建网卡、IP地址等；

·`--net=container: NAME_or_ID`——意味着新创建的容器共享指定的已存在容器的网络命名空间，两个容器内的网络配置共享，但其他资源（进程空间、文件系统等）还是相互隔离的；

·`--net=host`——意味着不为容器创建独立的网络命名空间，容器内看到的网络配置（网卡信息、路由表、Iptables规则等）均与主机上保持一致。注意其他资源还是与主机隔离的；

·`--net=user_defined_network`——用户自行用network相关命令创建一个网络，同一个网络内的容器彼此可见，可以采用更多类型的网络插件。

## 20.2 配置容器DNS和主机名

Docker支持自定义容器的主机名和DNS配置。

### 1.相关配置文件

实际上，容器中主机名和DNS配置信息都是通过三个系统配置文件来维护的：`/etc/resolv.conf`、`/etc/hostname`和`/etc/hosts`。

启动一个容器，在容器中使用`mount`命令可以看到这三个文件挂载信息：

```
$ docker run -it ubuntu
root@75dbd6685305:/# mount
...
/dev/mapper/ubuntu--vg-root on /etc/resolv.conf type ext4 (rw,relatime,errors=
remount-ro,data=ordered)
/dev/mapper/ubuntu--vg-root on /etc/hostname type ext4 (rw,relatime,errors=
remount-ro,data=ordered)
/dev/mapper/ubuntu--vg-root on /etc/hosts type ext4 (rw,relatime,errors=remount-
ro,data=ordered)
...
```

其中，`/etc/resolv.conf`文件在创建容器时候，默认会与宿主机`/etc/resolv.conf`文件内容保持一致：

```
root@75dbd6685305:/# cat /etc/resolv.conf
# Dynamic resolv.conf(5) file for glibc resolver(3) generated by resolvconf(8)
#     DO NOT EDIT THIS FILE BY HAND -- YOUR CHANGES WILL BE OVERWRITTEN
nameserver 8.8.8.8
search my-docker-cloud.com
```

`/etc/hosts`文件中默认只记录了容器自身的一些地址和名称：

```
root@75dbd6685305:/# cat /etc/hosts
172.17.0.2    75dbd6685305
::1          localhost ip6-localhost ip6-loopback
fe00::0      ip6-localnet
ff00::0      ip6-mcastprefix
ff02::1      ip6-allnodes
ff02::2      ip6-allrouters
127.0.0.1    localhost
/etc/hostname文件则记录了容器的主机名。
root@75dbd6685305:/# cat /etc/hostname
75dbd6685305
```

### 2.容器内修改配置文件

Docker

1.2.0开始支持在运行中的容器里直接编

辑/etc/hosts，/etc/hostname和/etc/resolve.conf文件。

但是这些修改是临时的，只在运行的容器中保留，容器终止或重启后并不会被保存下来。也不会被docker commit提交。

### 3.通过参数指定

如果用户想要自定义容器的配置，可以在创建或启动容器时利用下面的参数指定：

- 指定主机名-h HOSTNAME或者--hostname=HOSTNAME。设定容器的 hostname，它会被写到容器内的/etc/hostname和/etc/hosts。但这个主机名只有容器内能看到，在容器外部则看不到，既不会在docker ps中显示，也不会其他的容器的/etc/hosts看到。

- 记录其他容器主机名--link=CONTAINER\_NAME: ALIAS。选项会在创建容器的时候，添加一个所连接容器的 hostname 到容器内/etc/hosts 文件中。这样，新创建容器可以直接使用主机名来与所连接容器通信。

- 指定DNS服务器--dns=IP\_ADDRESS。添加DNS服务器到容器的/etc/resolv.conf中，容器会用指定的服务器来解析所有不在/etc/hosts中的主机名。

- 指定DNS搜索域--dns-search=DOMAIN。设定容器的搜索域，当设定搜索域为.example.com时，在搜索一个名为host的主机时，DNS不仅搜索host，还会搜索host.example.com。

## 20.3 容器访问控制

容器的访问控制主要通过Linux上的iptables防火墙软件来进行管理和实现。iptables是Linux系统流行的防火墙软件，在大部分发行版中都自带。

### 1.容器访问外部网络

从前面的描述中，我们知道容器默认指定了网关为docker0网桥上的docker0内部接口。docker0内部接口同时也是宿主机的一个本地接口。因此，容器默认情况下是可以访问到宿主机本地的。

更进一步，容器要想通过宿主机访问到外部网络，需要宿主机进行转发。

在宿主机Linux系统中，检查转发是否打开：

---

```
$ sudo sysctl net.ipv4.ip_forward
```

---

如果为0，说明没有开启转发，则需要手动打开：

---

```
$ sudo sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
```

---

更简单的，在启动Docker服务的时候设定--ip-forward=true，Docker服务会自动打开宿主机系统的转发服务。

### 2.容器之间的访问

容器之间相互访问，需要两方面的支持：

- 网络拓扑是否已经连通。默认情况下，所有容器都会连接到docker0网桥上，这意味着默认情况下拓扑是互通的；

- 本地系统的防火墙软件iptables是否允许访问通过。这取决于防火墙的默认规则是允许（大部分情况）还是禁止。

下面分两种情况介绍容器之间的访问。

### （1）访问所有端口

当启动Docker服务时候，默认会添加一条“允许”转发策略到iptables的FORWARD链上。通过配置`--icc=true|false`（默认值为true）参数可以控制默认的策略。

为了安全考虑，可以在Docker配置文件中配置`DOCKER_OPTS=--icc=false`来默认禁止容器之间的相互访问。

同时，如果启动Docker服务时手动指定`--iptables=false`参数则不会修改宿主机系统上的iptables规则。

### （2）访问指定端口

在通过`-icc=false`禁止容器间相互访问后，仍可以通过`--link=CONTAINER_NAME: ALIAS`选项来允许访问指定容器的开放端口。

例如，在启动Docker服务时，可以同时使用`icc=false--iptables=true`参数来配置容器间禁止访问，并允许Docker自动修改系统中的iptables规则。

此时，系统中的iptables规则可能是类似如下规则，禁止所有转发流量：

---

```
$ sudo iptables -nL
...
Chain FORWARD (policy ACCEPT)
target     prot opt source                destination
DROP       all  --  0.0.0.0/0             0.0.0.0/0
...
```

---

之后，启动容器（`docker run`）时使用`--link=CONTAINER_NAME: ALIAS`选项。Docker会在iptables中为两个互联容器分别添加一条ACCEPT规则，允许相互访问开放的端口（取决于Dockerfile中的EXPOSE行）。

此时，iptables的规则可能是类似如下规则：

---

```
$ sudo iptables -nL
...
Chain FORWARD (policy ACCEPT)
target     prot opt source                destination           tcp spt:dpt
ACCEPT     tcp  --  172.17.0.2             172.17.0.3            tcp spt:80
ACCEPT     tcp  --  172.17.0.3             172.17.0.2            tcp dpt:80
DROP       all  --  0.0.0.0/0              0.0.0.0/0
```

---



注意

**--link=CONTAINER\_NAME:** ALIAS中的CONTAINER\_NAME目前必须是Docker自动分配的容器名，或使用**--name**参数指定的名字。不能为容器**-h**参数配置的主机名。



## 20.4 映射容器端口到宿主主机的实现

默认情况下，容器可以主动访问到外部网络的连接，但是外部网络无法访问到容器。

### 1. 容器访问外部实现

假设容器内部的网络地址为172.17.0.2，本地网络地址为10.0.2.2。容器要能访问外部网络，源地址不能为172.17.0.2，需要进行源地址映射（Source NAT，SNAT），修改为本地系统的IP地址10.0.2.2。

映射是通过iptables的源地址伪装操作实现的。

查看主机nat表上POSTROUTING链的规则。该链负责网包要离开主机前，改写其源地址。

---

```
$ sudo iptables -t nat -nvL POSTROUTING
Chain POSTROUTING (policy ACCEPT 12 packets, 738 bytes)
pkts bytes target      prot opt in     out     source        destination
...
0      0 MASQUERADE all  --  *      !docker0 172.17.0.0/16 0.0.0.0/0
...
```

---

其中，上述规则将所有源地址在172.17.0.0/16网段，且不是从docker0接口发出的流量（即从容器中出来的流量），动态伪装为从系统网卡发出。MASQUERADE行动跟传统SNAT行动相比，好处是它能从网卡动态获取地址。

### 2. 外部访问容器实现

容器允许外部访问，可以在docker run时候通过-p或-P参数来启用。

不管用那种办法，其实也是在本地的iptables的nat表中添加相应的规则，将访问外部IP地址的网包进行目标地址DNAT，将目标地址修改为容器的IP地址。

以一个开放80端口的Web容器为例，使用-P时，会自动映射本地49000~49900范文内的端口随机端口到容器的80端口：

---

```
$ iptables -t nat -nvL
```

```

...
Chain PREROUTING (policy ACCEPT 236 packets, 33317 bytes)
pkts bytes target prot opt in out source destination
567 30236 DOCKER all -- * * 0.0.0.0/0 0.0.0.0/0
ADDRTYPE match dst-type LOCAL
Chain DOCKER (2 references)
pkts bytes target prot opt in out source destination
0 0 DNAT tcp -- !docker0 * 0.0.0.0/0 0.0.0.0/0
tcp dpt:49153 to:172.17.0.2:80
...

```

可以看到，nat表中涉及两条链，PREROUTING链负责包到达网络接口时，改写其目的地址。其中规则将所有流量都扔到DOCKER链。而DOCKER链中将所有不是从docker0进来的网包（意味着不是本地主机产生），将目标端口为49153的，修改目标地址为172.17.0.2，目标端口修改为80。

使用-p 80: 80时，与上面类似，只是本地端口也为80:

```

$ iptables -t nat -nvL
...
Chain PREROUTING (policy ACCEPT 236 packets, 33317 bytes)
pkts bytes target prot opt in out source destination
567 30236 DOCKER all -- * * 0.0.0.0/0 0.0.0.0/0
ADDRTYPE match dst-type LOCAL
Chain DOCKER (2 references)
pkts bytes target prot opt in out source destination
0 0 DNAT tcp -- !docker0 * 0.0.0.0/0 0.0.0.0/0
tcp dpt:80 to:172.17.0.2:80
...

```

有两点需要注意:

- 这里的规则映射了0.0.0.0，意味着将接受主机来自所有网络接口上的流量。用户可以通过-p IP: host\_port: container\_port或-p IP: : port来指定绑定的外部网络接口，以制定更严格的访问规则;

- 如果希望映射永久绑定到某个固定的IP地址，可以在Docker配置文件/etc/default/docker中指定DOCKER\_OPTS="--ip=IP\_ADDRESS", 之后重启Docker服务即可生效。

## 20.5 配置docker0网桥

Docker服务默认会创建一个名称为docker0的Linux网桥（其上有一个docker0内部接口），它在内核层连通了其他的物理或虚拟网卡，这就将所有容器和本地主机都放到同一个物理网络。用户使用Docker创建多个自定义网络时可能会出现多个容器网桥。

Docker默认指定了docker0接口的IP地址和子网掩码，让主机和容器之间可以通过网桥相互通信，它还给出了MTU（接口允许接收的最大传输单元），通常是1500字节，或宿主主机网络路由上支持的默认值。这些值都可以在服务启动的时候进行配置：

·`--bip=CIDR`——IP地址加掩码格式，例如192.168.1.5/24；

·`--mtu=BYTES`——覆盖默认的Docker mtu配置。

也可以在配置文件中配置DOCKER\_OPTS，然后重启服务。由于目前Docker网桥是Linux网桥，用户可以使用`brctl show`来查看网桥和端口连接信息：

---

```
$ sudo brctl show
bridge name      bridge id        STP enabled    interfaces
docker0          8000.3a1d7362b4ee no              veth65f9
                  vethdda6
```

---



注意

`brctl`命令如果系统中没有自带，可以使用`sudo apt-get install bridge-utils`来安装（Debian、Ubuntu系列系统）。

每次创建一个新容器的时候，Docker从可用的地址段中选择一个空闲的IP地址分配给容器的eth0端口。并且使用本地主机上docker0接口的IP作为容器的默认网关：

---

```
$ docker run -i -t --rm base /bin/bash
```

```
$ ip addr show eth0
24: eth0: <BROADCAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group
    default qlen 1000
    link/ether 32:6f:e0:35:57:91 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.17.0.3/16 scope global eth0
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::306f:e0ff:fe35:5791/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
$ ip route
default via 172.17.42.1 dev eth0
172.17.0.0/16 dev eth0 proto kernel scope link src 172.17.0.3
$ exit
```

---

目前，Docker不支持在启动容器时候指定IP地址。



注意

实际上，Linux网桥自身功能已经十分完备，也可以替换为OpenvSwitch等功能更强大的网桥实现。

## 20.6 自定义网桥

除了默认的docker0网桥，用户也可以指定网桥来连接各个容器。

在启动Docker服务的时候，使用**-b BRIDGE**或**--bridge=BRIDGE**来指定使用的网桥。

如果服务已经运行，那需要先停止服务，并删除旧的网桥：

---

```
$ sudo service docker stop
$ sudo ip link set dev docker0 down
$ sudo brctl delbr docker0
```

---

然后创建一个网桥bridge0：

---

```
$ sudo brctl addbr bridge0
$ sudo ip addr add 192.168.5.1/24 dev bridge0
$ sudo ip link set dev bridge0 up
```

---

查看确认网桥创建并启动：

---

```
$ ip addr show bridge0
4: bridge0: <BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500 qdisc noop state UP group default
    link/ether 66:38:d0:0d:76:18 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.5.1/24 scope global bridge0
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

---

配置Docker服务，默认桥接到创建的网桥上：

---

```
$ echo 'DOCKER_OPTS="-b=bridge0"' >> /etc/default/docker
$ sudo service docker start
```

---

启动Docker服务。新建一个容器，可以看到它已经桥接到了bridge0上。

可以继续用brctl show命令查看桥接的信息。另外，在容器中使用ip addr和ip route命令来查看IP地址配置和路由信息。

## 20.7 使用OpenvSwitch网桥

Docker默认使用的是Linux自带的网桥实现，实际上，OpenvSwitch项目作为一个成熟的虚拟交换机实现，具备更丰富的功能。笔者认为，将来会有越来越多的容器支持OpenvSwitch作为底层网桥实现。

### 1.环境

在Ubuntu 14.04系统中进行测试。操作流程也适用于RedHat/CentOS系列系统，但少数命令和配置文件可能略有差异。

### 2.安装Docker

安装最近版本的Docker并启动服务。默认情况下，Docker服务会创建一个名为docker0的Linux网桥，作为连接容器的本地网桥。

可以通过如下命令查看：

---

```
$ sudo brctl show
bridge name      bridge id        STP enabled      interfaces
docker0          8000.000000000000 no
```

---

网桥docker0内部接口的默认地址可能为172.17.42.1。

---

```
$ ifconfig docker0
docker0  Link encap:Ethernet  HWaddr 56:84:7a:fe:97:99
         inet addr:172.17.42.1  Bcast:0.0.0.0  Mask:255.255.0.0
         BROADCAST MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
         RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
         TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
         collisions:0 txqueuelen:0
         RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
```

---

### 3.安装OpenvSwitch

通过如下命令安装OpenvSwitch：

---

```
$ sudo aptitude install openvswitch-switch
```

---

测试添加一个网桥br0并查看：

---

```
$ sudo ovs-vsctl add-br br0
$ sudo ovs-vsctl show
20d0b972-e323-4e3c-9e66-1d8bb57c7ff5
    Bridge ovs-br
        Port ovs-br
            Interface br0
                type: internal
    ovs_version: "2.0.2"
```

---

## 4.配置容器连接到OpenvSwitch网桥

目前OpenvSwitch网桥还不能直接支持挂载容器，需要手动在OpenvSwitch网桥上创建虚拟网口并挂载到容器中。

### (1) 创建无网口容器

启动一个ubuntu容器，并指定不创建网络，后面我们手动添加网络。较新版本的Docker默认不允许在容器内修改网络配置，需要在run的时候指定参数--privileged=true:

```
$ docker run --net=none --privileged=true -it ubuntu:14.04 bash
root@298bbb17c244:/#
```

---

记住这里容器的id为298bbb17c244。

此时在容器内查看网络信息，只能看到一个本地网卡lo:

```
root@298bbb17c244:/# ifconfig
lo          Link encap:Local Loopback
    inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
    inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
    UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
    RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
    TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
    collisions:0 txqueuelen:0
    RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
```

---

### (2) 手动为容器添加网络

下载OpenvSwitch项目提供的支持Docker容器的辅助脚本ovs-docker:

```
$ wget https://github.com/openvswitch/ovs/raw/master/utilities/ovs-docker
$ sudo chmod a+x ovs-docker
```

---

为容器添加网卡，并挂载到br0上，命令为:

---

```
$ sudo ./ovs-docker add-port br0 eth0 298bbb17c244 --ipaddress=172.17.0.2/16
```

添加成功后，在容器内查看网络信息，多了一个新添加的网卡eth0，对应添加的IP地址：

```
root@298bbb17c244:/# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr ae:3d:75:2c:18:ba
          inet addr:172.17.0.2  Bcast:172.17.255.255  Mask:255.255.0.0
          inet6 addr: fe80::ac3d:75ff:fe2c:18ba/64  Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:187 errors:0 dropped:2 overruns:0 frame:0
          TX packets:11 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:33840 (33.8 KB)  TX bytes:1170 (1.1 KB)

lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          inet6 addr: ::1/128  Scope:Host
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:65536  Metric:1
          RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:0
          RX bytes:0 (0.0 B)  TX bytes:0 (0.0 B)
```

在容器外，配置OpenvSwitch的网桥br0内部接口地址为172.17.42.2/16（只要与所挂载容器IP在同一个子网内即可）：

```
$ sudo ifconfig br0 172.17.42.2/16
```

### （3）测试连通

经过上面步骤，容器已经连接到了网桥br0上了，拓扑如下所示：

```
容器 (172.17.0.2/16) <-->br0网桥<-->br0内部端口 (172.17.42.2/16)
```

此时，在容器内就可以测试是否连通到网桥br0上了：

```
root@298bbb17c244:/# ping 172.17.42.2
PING 172.17.42.2 (172.17.42.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.17.42.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.874 ms
64 bytes from 172.17.42.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.079 ms
^C
--- 172.17.42.2 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.079/0.476/0.874/0.398 ms
```

在容器内也可以配置默认网关为br0接口地址：

```
root@298bbb17c244:/# route add default gw 172.17.42.2
```

另外，删除该接口的命令为：



---

```
$ sudo ./ovs-docker del-port br0 eth0 <CONTAINER_ID>
```

---

实际上，**Docker**社区也已经讨论对**OpenvSwitch**进行原生支持了。在**Docker**原生支持**OpenvSwitch**之前，用户可以通过编写脚本或更高级的工具来让这一过程自动化。

## 20.8 创建一个点到点连接

默认情况下，Docker会将所有容器连接到由docker0提供的虚拟子网中。用户有时候需要两个容器之间可以直连通信，而不用通过主机网桥进行桥接。

解决办法很简单：创建一对peer接口，分别放到两个容器中，配置成点到点链路类型即可。下面这个过程我们将手动执行Docker配置容器网络的大部分步骤。

首先启动两个容器：

---

```
$ docker run -i -t --rm --net=none base /bin/bash
root@1f1f4c1f931a:/#
$ docker run -i -t --rm --net=none base /bin/bash
root@12e343489d2f:/#
```

---

找到进程号，然后创建网络命名空间的跟踪文件：

---

```
$ docker inspect -f '{{.State.Pid}}' 1f1f4c1f931a
2989
$ docker inspect -f '{{.State.Pid}}' 12e343489d2f
3004
$ sudo mkdir -p /var/run/netns
$ sudo ln -s /proc/2989/ns/net /var/run/netns/2989
$ sudo ln -s /proc/3004/ns/net /var/run/netns/3004
```

---

创建一对peer接口。

---

```
$ sudo ip link add A type veth peer name B
```

---

添加IP地址和路由信息：

---

```
$ sudo ip link set A netns 2989
$ sudo ip netns exec 2989 ip addr add 10.1.1.1/32 dev A
$ sudo ip netns exec 2989 ip link set A up
$ sudo ip netns exec 2989 ip route add 10.1.1.2/32 dev A
$ sudo ip link set B netns 3004
$ sudo ip netns exec 3004 ip addr add 10.1.1.2/32 dev B
$ sudo ip netns exec 3004 ip link set B up
$ sudo ip netns exec 3004 ip route add 10.1.1.1/32 dev B
```

---

现在这两个容器就可以相互ping通，并成功建立连接。点到点链路不需要子网和子网掩码。

此外，也可以不指定`--net=none`来创建点到点链路。这样容器还可以通过原先的网络来通信。

利用类似的办法，可以创建一个只跟主机通信的容器。但是一般情况下，更推荐使用`--icc=false`来关闭容器之间的通信。

## 20.9 本章小结

本章具体讲解了使用Docker网络的一些高级部署和操作配置，包括配置启动参数、DNS、容器的访问控制管理等，并介绍了Docker网络相关的一些工具和项目。

网络是一个复杂的环境，特别在云计算领域，因为网络配置造成的管理成本，以及因为网络原因造成的业务损失，都占到十分可观的比例。这是因为网络领域所涉及的学科和技术门类众多，包括软件、硬件、系统，等等。而且往往要求用户对于各种技术的细节把握十分的精确。

从目前来看，Docker网络所能提供的功能还十分简单，并且基本上都是依赖于Linux操作系统上的现有技术。这在初期可以让Docker不必考虑太多的网络问题，从而关注自身的特点得以快速发展。但随着Docker应用部署在各种分布式环境、特别是云平台上，网络方面的需求和瓶颈将会大量涌现，而且不少都是新的问题。

如何结合已有的网络虚拟化技术来解决Docker网络的问题，将是未来一段时间内云计算领域值得持续探讨的重点技术话题。下一章节里，笔者将介绍Docker更强大的插件化网络方案：libnetwork。

## 第21章 libnetwork插件化网络功能

从1.7.0版本开始，Docker正式把网络跟存储这两部分的功能实现都以插件化形式剥离出来，允许用户通过指令来选择不同的后端实现。这也是Docker希望构建围绕着容器的强大生态系统的一些积极的尝试。

剥离出来的独立容器网络项目叫libnetwork，从名字就能看出来，它希望将来为不同容器定义统一规范的网络层标准。本章将介绍libnetwork的概念和使用方法。

## 21.1 容器网络模型

libnetwork中容器网络模型（Container Networking Model, CNM）十分简洁，可以让上层使用网络的大量应用容器最大程度上不去关心底层实现。

容器网络模型的结构如图21-1所示。

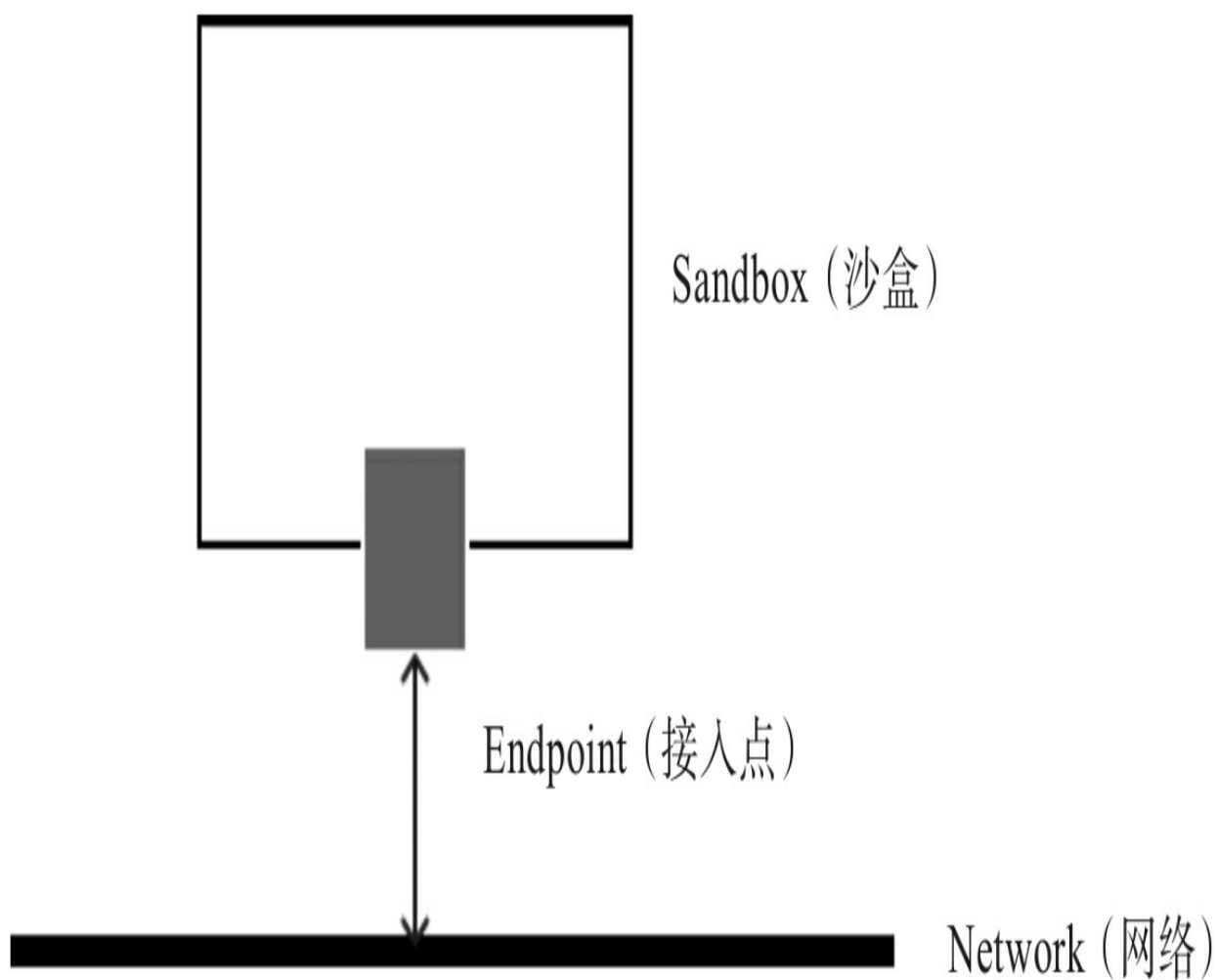


图21-1 容器网络模型

包括三种基本元素：

- Sandbox（沙盒）：代表一个容器（准确地说，是其网络命名空间）；

- Endpoint（接入点）：代表网络上可以挂载容器的接口，会分配IP地址；

- Network可以连通多个接入点的一个子网。

可见，对于使用CNM的容器管理系统来说，具体底下网络如何实现，不同子网彼此怎么隔离，有没有QoS，都可以不关心。只要插件能提供网络和接入点，只需把容器给接上或者拔下，剩下的都是插件驱动自己去实现。这样就解耦和容器和网络功能，十分灵活。

CNM的典型生命周期如图21-2所示。首先，是驱动注册自己到网络控制器，网络控制器使用驱动类型，来创建网络，然后在创建的网络上创建接口，最后把容器连接到接口上即可。销毁过程则正好相反，先把容器从接入口上卸载，然后删除接入口和网络即可。

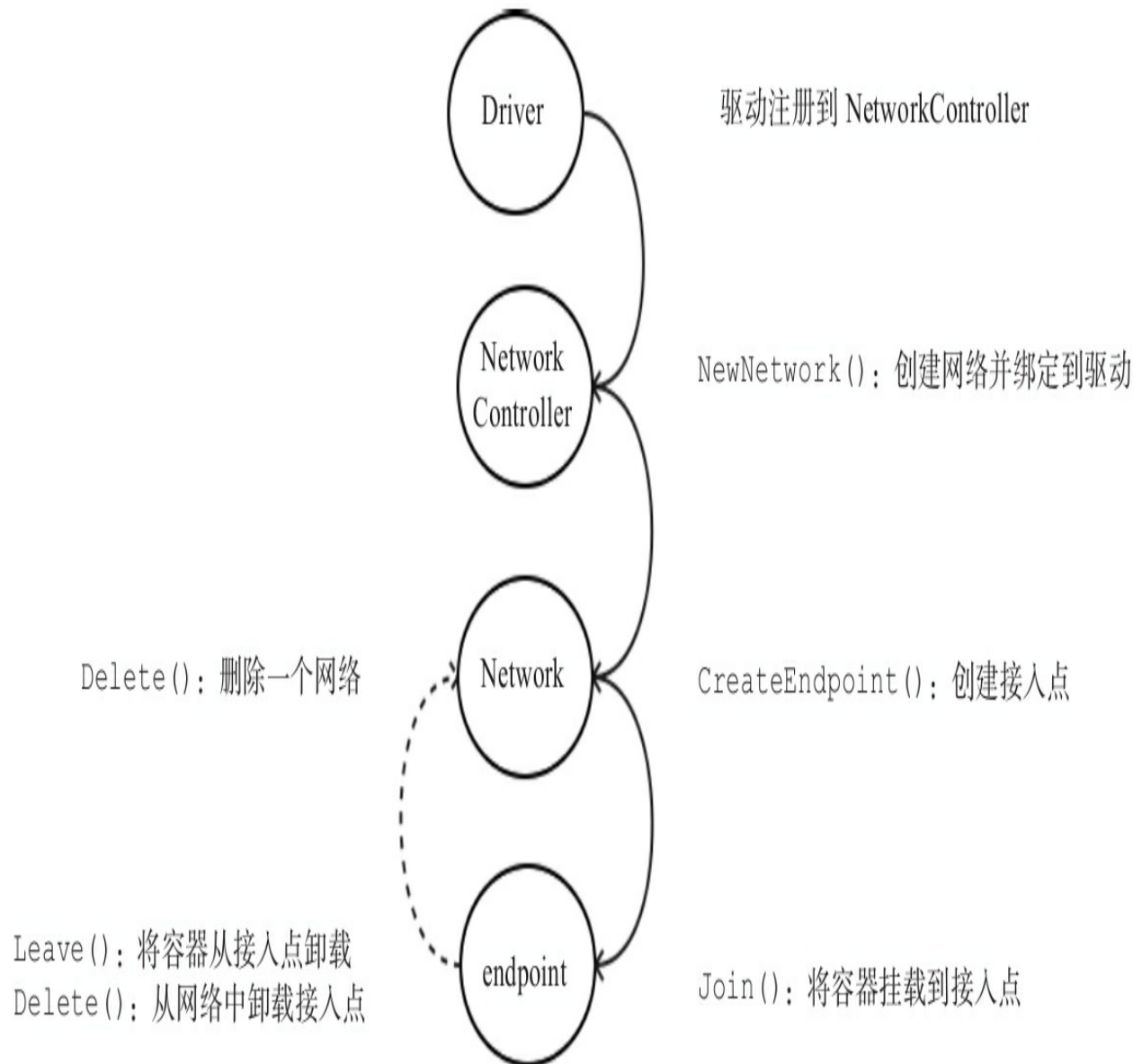


图21-2 容器网络的生命周期

目前CNM支持的驱动类型有四种：Null、Bridge、Overlay、Remote。简单介绍如下：

- Null：不提供网络服务，容器启动后无网络连接；
- Bridge：就是Docker传统上默认用Linux网桥和Iptables实现的单机网络；
- Overlay：是用vxlan隧道实现的跨主机容器网络；



·Remote: 扩展类型，预留给其他外部实现的方案，比如有一套第三方的SDN方案（如OpenStack Neutron），就可以接进来。

从位置上看，libnetwork上面支持Docker，下面支持网络插件，自身处于十分关键的中间层。读者如果熟悉计算机网络协议模型的话，libnetwork就是最核心的TCP/IP层。

目前，已有大量的网络方案开始支持libnetwork。包括OpenStack Kuryr项目，通过支持libnetwork，让Docker可以直接使用Neutron提供的网络功能。Calico等团队也编写了插件支持libnetwork，从而无缝地支持Docker网络功能。

## 21.2 Docker网络相关命令

在libnetwork支持下，Docker网络相关命令都作为network的子命令出现。

围绕着管理CNM的生命周期，主要包括以下命令：

- ls: 列出所有的网络；
- create: 创建一个网络；
- rm: 删除一个网络；
- connect: 把容器接入到网络；
- disconnect: 把容器从网络卸载下来；
- inspect: 查看网络的详细信息。

下面分别介绍这些命令。

### 1.列出网络

命令格式：docker network ls[OPTIONS]

支持参数包括：

- f: 指定输出过滤器；
- no-trunc: 不截断输出内容。

实际上，在不执行额外网络命令的情况下，用户执行docker network ls命令，一般情况下可以看到已创建的三个网络：

---

```
$ docker network ls
NETWORK ID          NAME                DRIVER
461e02c94370        bridge              bridge
e4d5886b2d2f        none                null
adbc1879bac5        host                host
```

---

分别为三种驱动的网络：null、host和bridge。

## 2.创建网络

命令格式：docker network create[OPTIONS]NETWORK

支持参数包括：

- aux-address value: 辅助的IP地址；
- d, --driver string: 网络驱动类型，如bridge或overlay；
- gateway value: 网关地址；
- internal: 禁止外部对创建网络的访问；
- ip-range value: 分配IP地址范围；
- ipam-driver string: IP地址管理的插件类型；
- ipam-opt value: IP地址管理插件的选项；
- ipv6: 支持IPv6地址；
- label value: 为网络添加元标签信息；
- o, --opt value: 网络驱动支持的选项；
- subnet value: 网络地址段。

## 3.删除网络

删除指定的网络。当网络上并不存在接入点时，删除成功。

命令格式：docker network rm NETWORK[NETWORK...]

## 4.接入容器

将一个容器连接到一个已存在的网络上。

命令格式: `docker network connect[OPTIONS]NETWORK CONTAINER`

支持参数包括:

`--alias value`: 为容器添加一个别名, 此别名仅在所添加网络上可见;

`--ip string`: 指定IP地址;

`--ip6 string`: 指定IPv6地址;

`--link value`: 添加链接到另外一个容器;

`--link-local-ip value`: 为容器添加一个链接地址。

## 5. 卸载容器

将一个连接到网络上的容器从网络上移除。

命令格式: `docker network disconnect[OPTIONS]NETWORK CONTAINER`

支持参数包括 `-f`、`--force`: 强制把容器从网络上移除。

## 6. 查看网络信息

查看已存在网络的具体信息。

命令格式: `docker network inspect[OPTIONS]NETWORK[NETWORK...]`

支持参数包括 `-f`、`--format string`: 给定一个golang模板字符串, 对输出结果进行格式化。

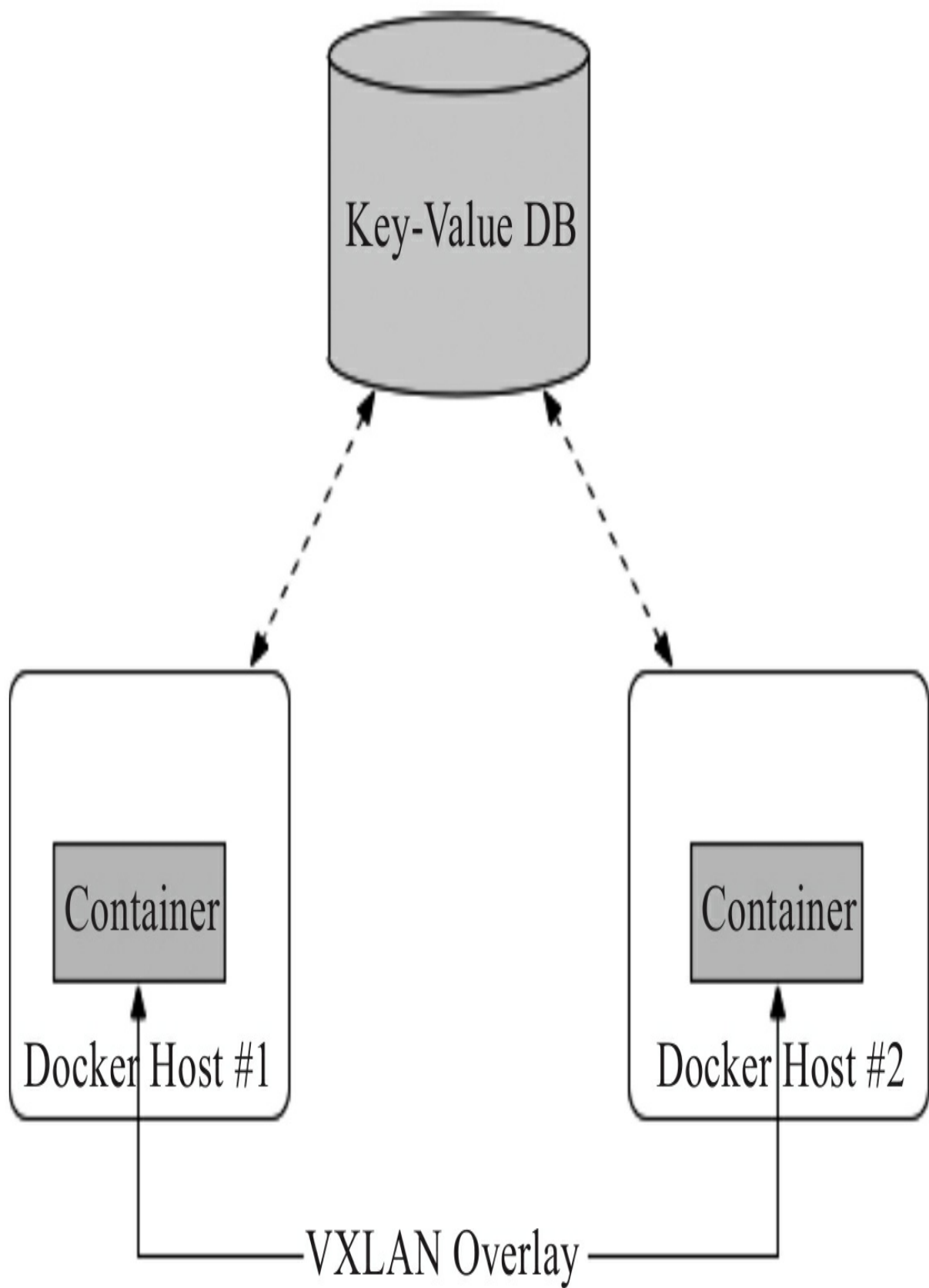
## 21.3 构建跨主机容器网络

在这里，笔者将演示使用libnetwork自带的Overlay类型驱动来轻松实现跨主机的网络通信。Overlay驱动默认采用VXLAN协议，在IP地址可以互相访问的多个主机上之间搭建隧道，让容器可以互相访问。

### 1.配置网络信息管理数据库

我们知道，在现实世界中，要连通不同的主机需要交换机或路由器（跨子网时需要）这样的互联设备。这些设备一方面是在物理上起到连接作用，但更重要的是起到了网络管理的功能。例如，主机位置在什么地方，地址是多少等信息，都需要网络管理平面来维护。

在libnetwork的网络方案中，要实现跨主机容器网络也需要类似的一个网络信息管理机制，只不过这个机制简单得多，只是一个键值数据库而已，如Consul、Etcd、ZooKeeper等工具都可以满足需求如图21-3所示。



## 图21-3 跨主机的容器网络

以Consul为例，启动一个progrum/consul容器，并映射服务到本地的8500端口，用如下命令即可：

```
$ docker run -d \
  -p "8500:8500" \
  -h "consul" \
  progrum/consul -server -bootstrap
1ad6b71cfd83e1925d960b7c13f40294b7d84618828792a84069aea2e52770d
```

所在主机作为数据库节点。

### 2.配置Docker主机

启动两台Docker主机n1和n2，分别安装好最新的Docker-engine(1.7.0+)。确保这两台主机之间可以通过IP地址互相访问，另外，都能访问到数据库节点的8500端口。

配置主机的Docker服务启动选项如下所示：

```
DOCKER_OPTS="$DOCKER_OPTS --cluster-store=consul://<CONSUL_NODE>:8500 --cluster-
advertise=eth0:2376"
```

重新启动Docker服务如下所示：

```
$ sudo service docker restart
```

### 3.创建网络

分别在n1和n2上查看现有的Docker网络，包括三个默认网络：分别为bridge、host和none类型。

```
n1:$ docker network ls
NETWORK ID NAME DRIVER
dc581a3eab4c bridge bridge
ee21a768c6f6 host host
8d1ee747b894 none null
n2:$ docker network ls
NETWORK ID NAME DRIVER
e7f24593bada bridge bridge
5bfae3a62214 host host
4adc19ad9bc7 none null
```

在任意节点上创建网络multi，例如在n1上执行如下命令即可完成对

## 跨主机网络的创建:

```
n1:$ docker network create -d overlay multi
eadd374a18434a14c6171b778600507f300d330f4622067d3078009a58506c2d
```

创建成功后，可以同时**在n1和n2上查看到新的网络multi的信息**:

```
n1:$ docker network ls
NETWORK ID NAME DRIVER
dc581a3eab4c bridge bridge
ee21a768c6f6 host host
eadd374a1843 multi overlay
8d1ee747b894 none null
n2:$ docker network ls
NETWORK ID NAME DRIVER
e7f24593bada bridge bridge
5bfae3a62214 host host
eadd374a1843 multi overlay
4adc19ad9bc7 none null
```

此时，还可以通过**docker network inspect**命令查看网络的具体信息:

```
$ docker network inspect multi
[
  {
    "Name": "multi",
    "Id": "eadd374a18434a14c6171b778600507f300d330f4622067d3078009a58506c2d",
    "Scope": "global",
    "Driver": "overlay",
    "EnableIPv6": false,
    "IPAM": {
      "Driver": "default",
      "Options": {},
      "Config": [
        {
          "Subnet": "10.0.0.0/24",
          "Gateway": "10.0.0.1/24"
        }
      ]
    },
    "Internal": false,
    "Containers": {},
    "Options": {},
    "Labels": {}
  }
]
```

## 4.测试网络

在n1上启动一个容器c1，通过--net选项指定**连接到multi网络上**。查看网络信息，其中一个接口eth0已经连接到了multi网络上:

```
n1:$ docker run -it --name=c1 --net=multi busybox
/ # ip a
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
        valid_lft forever preferred_lft forever
72: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1450 qdisc noqueue
    link/ether 02:42:0a:00:00:02 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 10.0.0.2/24 scope global eth0
```



```
    valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::42:aff:fe00:2/64 scope link
    valid_lft forever preferred_lft forever
74: eth1: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue
    link/ether 02:42:ac:12:00:02 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 172.18.0.2/16 scope global eth1
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::42:acff:fe12:2/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

---

在n2上启动一个容器c2，同样连接到multi网络上。

通过ping c1进行测试，可以访问到另外一台主机n1上的容器c1：

---

```
n2:$ docker run -it --name=c2 --net=multi busybox
/ # ping c1
PING c1 (10.0.0.2): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.0.2: seq=0 ttl=64 time=0.705 ms
64 bytes from 10.0.0.2: seq=1 ttl=64 time=0.712 ms
64 bytes from 10.0.0.2: seq=2 ttl=64 time=0.629 ms
^C
--- c1 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max =
 0.629/0.682/0.712 ms
```

---

## 21.4 本章小结

本章介绍了Docker新的网络功能和插件化网络工具：libnetwork。

从1.7.0之前的本地主机网络，到新版本里面强大的跨主机通信网络能力，Docker的功能已经从单主机上小规模服务场景，拓展到了大规模的集群场景甚至数据中心场景。这对于Docker支持容器云场景是十分关键的一步。

从位置上看，libnetwork通过CNM，抽象了下层的网络实现，让Docker可以无缝支持不同的网络技术，从物理网络到虚拟网络，只要支持CNM，即可被Docker所使用。

相比传统场景，容器自身的动态性、高密度都对网络技术带来了更多新的挑战。Docker从1.12.0开始将Swarm模式也内嵌到了引擎中，以提供对集群网络更好的支持。笔者相信，是否能够合理地融合软件定义网络技术，将是容器在大规模场景下能否得到有效使用的关键。

## 第四部分 开源项目

- 第22章 Etcd——高可用的键值数据库
- 第23章 Docker三剑客之Docker Machine
- 第24章 Docker三剑客之Docker Compose
- 第25章 Docker三剑客之Docker Swarm
- 第26章 Mesos——优秀的集群资源调度平台
- 第27章 Kubernetes——生产级容器集群平台
- 第28章 其他相关项目

开源技术之所以受到越来越多的关注，很重要的一个原因是不同项目之间彼此合作，构建了良好的生态系统。围绕着容器技术，多个社区和公司都推出了很多优秀的工具，让容器的使用变得更加简单，让更多的业务场景都能从容器技术中获益。

本部分将介绍一些重点开源项目，共有7章内容。

第22章将介绍CoreOS公司开源的高可用分布式键值数据库Etcd，该项目已经被广泛应用到分布式系统的一致性实现和服务发现中。

第23到25章将介绍Docker公司推出的三剑客：Machine、Compose和Swarm。这三件利器的出现，让Docker不仅仅支持单机的虚拟化，而且能支持更广泛的集群平台，提供更强大灵活的功能。

第26章将介绍Mesos开源项目。作为定位数据中心操作系统的内核，Mesos以其简洁的设计、强大的功能，以及灵活的插件支持机制，受到众多容器云平台的青睐。

第27章介绍的Kubernetes项目更是在业界鼎鼎大名，由Google公司开源，已经成为容器集群管理平台的事实标准。

最后，第28章还介绍了众多的其他项目，这些项目在持续集成、管理、编程开发等功能上各有特色，为用户带来诸多效率上的提升。

## 第22章 Etcd——高可用的键值数据库

Etcd是CoreOS团队（同时发起了CoreoS、Rocket等热门项目）发起的一个分布式键值数据库项目，可以用于分布式系统中的配置信息管理和服务发现，目前已经被广泛应用到大量开源项目中，包括Kubernetes、CloudFoundry和CoreOS Fleet等。

在这一章里面，笔者将详细介绍该项目的相关知识，包括安装和使用，以及集群管理等。

## 22.1 简介

Etcd是CoreOS团队于2013年6月发起的开源项目，它的目标是构建一个高可用的分布式键值（key-value）数据库，基于Go语言实现。



接触过分布式系统的读者应该知道，分布式系统中，最基本最重要的问题就是各种信息的一致性，包括对服务的配置信息的管理、服务的发现、更新、同步等等。而要解决这些问题，往往需要基于一套能保证一致性的分布式数据库系统，比如经典的Apache ZooKeeper项目，通过维护文件目录信息来实现数据的一致性。

Etcd就是专门为集群环境设计，可以很好地实现数据一致性，提供集群节点状态管理和服务自动发现等。

Etcd目前在[github.com/coreos/etcd](https://github.com/coreos/etcd)进行维护，已经发布3.0系列版本。

受到Apache ZooKeeper项目和doozer项目<sup>[2]</sup>的启发，Etcd在进行设计的时候重点考虑了下面四个要素：

- 简单：支持REST风格的HTTP+JSON API；
- 安全：支持HTTPS方式的访问；
- 快速：支持并发每秒一千次的写操作；
- 可靠：支持分布式结构，基于Raft<sup>[3]</sup>算法实现一致性。

通常情况下，用户使用Etcd可以在多个节点上启动多个实例，并将它们添加为一个集群。同一个集群中的Etcd实例将会自动保持彼此信息的一致性，这意味着分布在各个节点上的应用也将获取到一致的信息。

<sup>[1]</sup> Apache ZooKeeper是一套知名的分布式系统中进行同步和一致性管理的工具。

<sup>[2]</sup> doozer是一个一致性分布式数据库实现，主要面向少量数据，更多信息可以参考<https://github.com/ha/doozerd>。

<sup>[3]</sup> Raft是一套通过选举主节点来实现分布式系统一致性的算法，相比于大名鼎鼎的Paxos算法，它的算法过程相对容易理解，由Stanford大学的Diego Ongaro和John Ousterhout提出。更多细节可以参考<https://raftconsensus.github.io>。

## 22.2 安装和使用Etcd

Etcd基于Go语言实现，因此，用户可以从项目主页：<https://github.com/coreos/etcd>下载源代码自行编译（需要Go 1.4以上版本），也可以下载编译好的二进制文件，甚至直接使用制作好的Docker镜像文件来体验。

下面分别讲解基于二进制文件和Docker镜像的两种方式。

### 1. 二进制文件方式

#### （1）下载和安装

编译好的二进制文件都在[github.com/coreos/etcd/releases](https://github.com/coreos/etcd/releases)页面，用户可以选择需要的版本，或通过下载工具下载。

例如，下面的命令使用curl工具下载压缩包，并解压：

```
$ curl -L https://github.com/coreos/etcd/releases/download/v3.0.4/etcd-v3.0.4-linux-amd64.tar.gz -o etcd-v3.0.4-linux-amd64.tar.gz
$ tar xzvf etcd-v3.0.4-linux-amd64.tar.gz
$ cd etcd-v3.0.4-linux-amd64
```

解压后，可以看到文件包括：

```
$ ls
Documentation  etcd  etcdctl  README-etcdctl.md  README.md
```

其中etcd是服务主文件，etcdctl是提供给用户的命令客户端，其他都是文档文件。



提示

某些版本中还含有etcd-migrate二进制文件，可以进行旧版本的迁移。



通过下面的命令将二进制文件都放到系统可执行目录/usr/local/bin/或/usr/bin/:

```
$ sudo cp etcd* /usr/local/bin/
```

安装就已经完成了。

## (2) 使用Etcd

下面将先以单节点模式为例讲解Etcd支持的功能和操作。

查看etcd的版本:

```
$ ./etcd --version
Git SHA: d53923c
Go Version: go1.6.3
Go OS/Arch: linux/amd64
```

直接执行Etcd命令, 将启动一个实例监听在本地的2379和4001端口。此时, 客户端可以通过本地的2379和4001端口访问Etcd; 其他Etcd本地实例可以通过2380和7001端口连接到新启动实例。

显示类似如下的信息:

```
$ etcd
2016-09-29 16:23:21.071154 I | etcdmain: etcd Version: 3.0.4
2016-09-29 16:23:21.071260 I | etcdmain: Git SHA: d53923c
2016-09-29 16:23:21.071280 I | etcdmain: Go Version: go1.6.3...
2016-09-29 16:23:21.509092 I | etcdserver: setting up the initial cluster version
to 2.2
2016-09-29 16:23:21.542046 N | etcdserver: set the initial cluster version to 2.2
2016-09-29 16:23:21.542226 I | etcdserver: published {Name:default ClientURLs:
[http://localhost:2379 http://localhost:4001]} to cluster 7e27652122e8b2ae
```

此时, 可以通过REST API直接查看集群健康状态:

```
$ curl -L http://127.0.0.1:2379/health
{"health": "true"}
```

当然, 也可以使用自带的etcdctl命令进行查看(实际上是封装了REST API调用):

```
$ etcdctl cluster-health
member ce2a822cea30bfca is healthy: got healthy result from http://localhost:2379
cluster is healthy
```

---

通过etcdctl设置和获取键值也十分方便，例如设置键值对testkey: "hello world":

---

```
$ ./etcdctl set testkey "hello world"
hello world
$ ./etcdctl get testkey
hello world
```

---

说明键值对已经设置成功了。

当然，除了etcdctl命令外，也可以直接通过HTTP访问本地2379端口的方式来进行操作，例如查看testkey的值：

---

```
$ curl -L -X PUT http://localhost:2379/v2/keys/testkey -d value="hello world"
{"action": "set", "node": {"key": "/testkey", "value": "hello world", "modifiedIndex": 3, "createdIndex": 3}}
$ curl -L http://localhost:2379/v2/keys/testkey
{"action": "get", "node": {"key": "/testkey", "value": "hello world", "modifiedIndex": 3, "createdIndex": 3}}
```

---

注意目前API版本为v2，将来出了新的版本后，API路径中则对应为对应版本号。

## 2.Docker镜像方式下载

镜像名称为quay.io/coreos/etcd: v3.0.4，可以通过下面的命令启动etcd服务监听到本地的2379和2380端口：

---

```
$ docker run \
  -p 2379:2379 \
  -p 2380:2380 \
  -v /etc/ssl/certs:/etc/ssl/certs/
  quay.io/coreos/etcd:v3.0.4
```

---

## 3.数据目录

作为数据库，最重要的自然是数据存放位置。可以通过--data-dir选项来指定存放的位置，默认为\${name}.etcd，其中\${name}为节点别名，默认为default。

例如，指定节点别名为test，则默认数据存放目录则为test.etcd:

---

```
$ $ etcd --name "test"
2016-09-30 10:34:09.883714 I | etcdmain: etcd Version: 2.2.2
```

```
2016-09-30 10:34:09.883802 I | etcdmain: Git SHA: b4bddf6...
2016-09-30 10:34:09.884872 I | etcdserver: heartbeat = 100ms
2016-09-30 10:34:09.884887 I | etcdserver: election = 1000ms
2016-09-30 10:34:09.884901 I | etcdserver: snapshot count = 10000
```

---

查看数据目录下内容。

---

```
$ tree test.etcd
test.etcd
├── member
├── snap
│   └── 0000000000000000366-00000000000002711.snap
└── wal
    └── 0000000000000000-0000000000000000.wal
3 directories, 2 files
```

---

其中，`snap`目录下将定期记录节点的状态快照信息，`wal`目录下则记录数据库的操作日志信息（可以通过`--wal-dir`参数来指定存放特定目录）。

#### 4.服务启动参数

Etcd服务启动的时候支持一些参数，用户可以通过这些参数来调整服务和集群的行为。参数可以通过环境变量形式传入，命名全部为大写，并且加ETCD\_前缀，例如`ETCD_NAME='etcd-cluster'`。主要参数包括：通用参数、集群参数、安全相关参数、代理参数。

##### （1）通用参数

这些参数主要跟节点自身配置相关，参见表22-1。

表22-1 Etcd通用参数

参 数	说 明
<code>--name 'default'</code>	设置成员的别名，建议为每个成员配置可识别的命名
<code>--data-dir '\${name}.etcd'</code>	数据存储的目录
<code>--wal-dir ' '</code>	指定 wal (write-ahead-log) 目录，存有数据库操作日志
<code>--max-wals 5</code>	最多保留多少个 wal 文件
<code>--snapshot-count '10000'</code>	发生多少次提交就存储一次 snapshot
<code>--max-snapshots 5</code>	最多保留多少个 snapshot

## (2) 集群参数

这些参数跟集群行为有关，参见表22-2。

表22-2 Etcd集群参数

参 数	说 明
<code>--heartbeat-interval '100'</code>	心跳消息时间间隔
<code>--election-timeout '1000'</code>	(重新) 选举时间间隔
<code>--listen-peer-urls 'http://localhost:2380, http://localhost:7001'</code>	监听 peer 过来的消息
<code>--listen-client-urls 'http://localhost:2379, http://localhost:4001'</code>	监听来自客户端的请求
<code>--initial-advertise-peer-urls 'http://localhost:2380, http://localhost:7001'</code>	广播到集群中本成员的 peer 监听通信地址
<code>--advertise-client-urls ' http://localhost:2379, http://localhost:4001'</code>	广播到集群中本成员的监听客户端请求的地址
<code>--initial-cluster 'default=http://localhost:2380,default= http://localhost:7001'</code>	初始化集群配置
<code>--initial-cluster-state 'new'</code>	初始化集群状态为新建, 也可以指定为 existing 表示要加入一个已有集群中
<code>--initial-cluster-token 'etcd-cluster'</code>	启动集群的时候指定集群口令, 只有相同 token 的节点才能加入到同一集群
<code>--discovery ' '</code>	通过自动探测方式发现集群成员的地址
<code>--debug 'false'</code>	是否开启调试信息

### (3) 安全相关参数

这些参数主要用于指定通信时候的TLS证书、密钥配置, 参见表22-3。

表22-3 Etcd安全相关参数

参 数	说 明
<code>--cert-file ''</code>	客户端通信时 TLS 证书文件路径
<code>--key-file ''</code>	客户端通信时 TLS 密钥文件路径
<code>--client-cert-auth 'false'</code>	是否对客户端启用证书认证
<code>--trusted-ca-file ''</code>	客户端通信时信任的 CA 文件
<code>--peer-cert-file ''</code>	对等成员节点的 TLS 证书文件
<code>--peer-key-file ''</code>	对等成员节点的 TLS 密钥文件
<code>--peer-client-cert-auth 'false'</code>	是否启用对等成员节点客户端认证
<code>--peer-trusted-ca-file ''</code>	对等成员节点的信任 CA 文件路径

#### （4）代理参数

这些参数主要是当Etcd服务自身仅作为代理模式时候使用，即转发来自客户端的请求到指定的Etcd集群。此时，Etcd服务本身并不参与集群中去，不保存数据和参加选举。其中的参数参见表22-4。

表22-4 Etcd代理参数

参 数	说 明
--proxy 'off'	是否开启代理模式，可以为 off（默认值）、readonly 或者 on
--proxy-failure-wait 5000	失败等待时间，单位为毫秒
--proxy-refresh-interval 30000	节点刷新时间间隔，单位为毫秒
--proxy-dial-timeout 1000	发起连接的超时，单位为毫秒
--proxy-read-timeout 0	读请求的超时时间，单位为毫秒
--proxy-write-timeout 5000	写请求的超时时间，单位为毫秒

## 22.3 使用etcdctl客户端

etcdctl是Etcd官方提供的命令行客户端，它支持一些基于HTTP API封装好的命令，供用户直接跟Etcd服务打交道，而无需基于HTTP API的方式。当然，这些命令跟HTTP API实际上是对应的，最终效果上并无不同之处。

某些场景下使用etcdctl将十分方便。例如用户需要对Etcd服务进行简单测试或者手动来修改数据库少量内容；也推荐在刚接触Etcd时通过etcdctl命令来熟悉Etcd支持的相关功能。

Etcd项目二进制发行包中已经包含了etcdctl工具，没有的话，可以从[github.com/coreos/etcd/releases](https://github.com/coreos/etcd/releases)手动下载。

etcdctl的命令格式为：

---

```
$ etcdctl [全局选项] 命令 [命令选项] [命令参数]
```

---

全局选项参数见表22-5。

表22-5 etcdctl的命令全局选项参数



参 数	说 明
--debug	输出调试信息，显示执行命令的时候发起的请求
--no-sync	发出请求前不主动同步集群信息
--output, -o 'simple'	输出响应消息的格式，可以为 simple, json 或 extended
--discovery-srv, -D	通过域名查询来探测集群成员信息
--peers, -C	集群中成员地址列表，用逗号隔开
--endpoint	集群中成员地址列表
--cert-file	如果集群需要 HTTPS 认证，提供 TLS 的证书文件路径
--key-file HTTPS	认证的证书文件路径
--ca-file	域名相关的根证书文件路径
--username, -u username[:password]	用户名和密码验证信息
--timeout '1s'	请求的连接超时，默认为 1s
--total-timeout '5s'	命令执行总超时，默认为 5s
--help, -h	显示帮助命令信息
--version, -v	打印版本信息

支持的命令大体上分为数据类操作和非数据类操作两类。

Etcd作为一个分布式数据库，类似ZooKeeper采用了类似文件目录的结构，数据类操作基本围绕对文件（即某个键）或目录进行。大家可以对比Linux的文件和目录操作命令，会发现两者之间的相似性。非数据类操作主要是Etcd提供的系统配置、权限管理等。参见表22-6和表22-7。

数据类操作命令见表22-6，非数据类操作见表22-7。

表22-6 Etcd数据类操作命令

命 令	说 明
set	设置某键对应的值
get	获取某键对应的值
update	更新某键对应的值
mk	创建新的键值
rm	删除键值或目录
watch	监控某键值的变化
exec-watch	某键值变化时执行指定命令
ls	列出目录下内容
mkdir	创建新的目录
rmdir	删除空目录或者一个键值
setdir	创建目录（允许目录已存在）
updatedir	更新已存在的目录

表22-7 Etcd非数据类操作命令

命 令	说 明
backup	备份指定的目录
cluster-health	检查 etcd 集群健康状况
member	添加、删除或列出成员，需要带具体子命令
import	导入快照
user	用户添加、权限管理，需要带具体子命令
role	角色添加、权限管理，需要带具体子命令
auth	全局认证管理
help, h	打印命令帮助信息

下面分别来看下各个操作的主要用法和功能。

### 22.3.1 数据类操作

数据类操作围绕对键值和目录的CRUD（符合REST风格的一套操作：**Create**）完整生命周期的管理。

Etcd在键的组织上采用了层次化的空间结构（类似于文件系统中目录的概念），用户指定的键可以为单独的名字，如testkey，此时实际上放在根目录/下面，也可以为指定目录结构，如cluster1/node2/testkey，则将创建相应的目录结构。



提示

CRUD即Create、Read、Update、Delete，是符合REST风格的一套API操作规范。

#### 1.set

设置某个键的值为给定值。例如：

---

```
$ etcdctl set /testdir/testkey "Hello world"
Hello world
```

---

支持的选项包括：

·`--ttl'0'`。键值的超时时间（单位为秒），不配置（默认为0）则永不超时

·`--swap-with-value value`。若该键现在的值是value，则进行设置操作

·`--swap-with-index'0'`。若该键现在的索引值是指定索引，则进行设置操作



注意

`--ttl`选项十分有用。在分布式环境中，系统往往是不可靠的，在基于Etcd设计分布式锁的时候，可以通过超时时间避免出现发生死锁的情况。

## 2.get

获取指定键的值。例如：

---

```
$ etcdctl set testkey hello
hello
$ etcdctl update testkey world
world
```

---

当键不存在时，则会报错。例如：

---

```
$ etcdctl get testkey2
Error: 100: Key not found (/testkey2) [1]
```

---

支持的选项为—sort，对返回结果进行排序。

### 3.update

当键存在时，更新值内容。例如：

```
$ etcdctl set testkey hello
hello
$ etcdctl update testkey world
world
```

当键不存在时，则会报错。例如：

```
$ etcdctl update testkey2 world
Error: 100: Key not found (/testkey2) [1]
```

支持的选项为--ttl'0'，超时时间（单位为秒），不配置（默认为0）则永不超时。

### 4.mk

如果给定的键不存在，则创建一个新的键值。例如：

```
$ etcdctl mk /testdir/testkey "Hello world"
Hello world
```

当键存在的时候，执行该命令会报错，例如：

```
$ etcdctl set testkey "Hello world"
Hello world
$ ./etcdctl mk testkey "Hello world"
Error: 105: Key already exists (/testkey) [2]
```

支持的选项为--ttl'0'，超时时间（单位为秒），不配置（默认为0）则永不超时。

### 5.rm

删除某个键值。例如：

```
$ etcdctl rm testkey
```

当键不存在时，则会报错。例如：

---

```
$ etcdctl rm testkey2
Error: 100: Key not found (/testkey2) [8]
```

---

支持的选项为：

--dir——如果键是个空目录或者是键值对则删除；

--recursive——删除目录和所有子键；

--with-value——检查现有的值是否匹配；

--with-index'0'——检查现有的index是否匹配。

## 6.watch

监测一个键值的变化，一旦键值发生更新，就会输出最新的值并退出。

例如，用户更新testkey键值为Hello world。

---

```
$ etcdctl watch testkey
Hello world
```

---

支持的选项包括：

--forever——一直监测，直到用户按`CTRL+C`退出；

--after-index'0'——在指定index之前一直监测；

--recursive——返回所有的键值和子键值。

## 7.exec-watch

监测一个键值的变化，一旦键值发生更新，就执行给定命令。这个功能十分强大，很多时候可以用于实时根据键值更新本地服务的配置信息，并重新加载服务。可以实现分布式应用配置的自动分发。

例如，一旦检测到testkey键值被更新，则执行ls命令。

---

```
$ etcdctl exec-watch testkey -- sh -c 'ls'
default.etcd
Documentation
etcd
etcdctl
etcd-migrate
README-etcdctl.md
README.md
```

---

支持的选项包括：

--after-index'0'——在指定index之前一直监测；

--recursive——返回所有的键值和子键值。

## 8.ls

列出目录（默认为根目录）下的键或者子目录，默认不显示子目录中内容。例如：

---

```
$ ./etcdctl set testkey 'hi'
hi
$ ./etcdctl set dir/test 'hello'
hello
$ ./etcdctl ls
/testkey
/dir
$ ./etcdctl ls dir
/dir/test
```

---

支持的选项包括：

·--sort——将输出结果排序

·--recursive——如果目录下有子目录，则递归输出其中的内容

·-p——对于输出为目录，在最后添加`/`进行区分

## 9.mkdir

如果给定的键目录不存在，则创建一个新的键目录。例如：

---

```
$ etcdctl mkdir testdir
```

---

当键目录存在的时候，执行该命令会报错，例如：

---

```
$ etcdctl mkdir testdir
$ etcdctl mkdir testdir
Error: 105: Key already exists (/testdir) [7]
```

---

支持的选项为`--ttl'0'`，超时时间（单位为秒），不配置（默认为0）则永不超时。

## 10.rmdir

删除一个空目录，或者键值对。若目录不空，会报错，例如：

---

```
$ etcdctl set /dir/testkey hi
hi
$ etcdctl rmdir /dir
Error: 108: Directory not empty (/dir) [13]
```

---

## 11.setdir

创建一个键目录，无论存在与否。实际上，目前版本当目录已经存在的时候会报错。例如：

---

```
$ etcdctl setdir /test/test
$ etcdctl ls --recursive
/test
/test/test
```

---

支持的选项为`--ttl'0'`，超时时间（单位为秒），不配置（默认为0）则永不超时。

## 12.updatedir

更新一个已经存在的目录的属性（目前只有存活时间），例如：

---

```
$ etcdctl mkdir /test/test --ttl 100
$ etcdctl updatedir /test/test --ttl 200
```

---

支持的选项为`--ttl'0'`，存活时间（单位为秒），不配置（默认为0）则永不超时。

## 22.3.2 非数据类操作



非数据类操作不直接对数据本身进行管理，而是负责围绕集群自身的一些配置。

## 1.backup

备份Etcd的配置状态数据目录。

支持的选项包括：

·`--data-dir`——要进行备份的Etcd的数据存放目录；

·`--backup-dir`——备份数据到指定路径。

例如，备份默认配置的信息到当前路径下的tmp子目录：

---

```
$ etcdctl backup --data-dir default.etcd --backup-dir tmp
```

---

可以查看tmp目录下面多了一个member目录：

---

```
$ ls tmp/member
snap wal
```

---

其中，snap为快照目录，保存节点状态快照文件（注意这些快照文件定期生成）；wal保存了数据库预写日志信息。



注意

预写日志要求数据库在发生实际提交前必须先将操作写入日志，可以保障系统在崩溃后根据日志回复状态。

## 2.cluster-health

查看Etcd集群的健康状态。例如：

---

```
$ etcdctl cluster-health
```

---

```
member ce2a822cea30bfca is healthy: got healthy result from http://localhost:2379
cluster is healthy
```

---

支持的选项包括--forever，每隔10秒钟检查一次，直到手动终止（通过Ctrl+C命令）。

### 3.member

通过list、add、remove等子命令列出、添加、删除Etcd实例到Etcd集群中。

例如本地启动一个Etcd服务实例后，可以用如下命令进行查看默认的实例成员：

```
$ etcdctl member list
ce2a822cea30bfca: name=default peerURLs=http://localhost:2380,http://localhost:
7001 clientURLs=http://localhost:2379,http://localhost:4001
```

---

### 4.import

导入旧版本（v0.4.\*）的快照文件到系统。

支持的选项包括：

- snap——快照文件路径；
- hidden'--hidden option--hidden option'——隐藏导入的键值空间信息；
- c'10'——并发导入的客户端数。

例如，导入通过backup命令导出的快照文件：

```
$ etcdctl import --snap tmp/member/snap/0000000000000003-000000000061aa8.snap
starting to import snapshot tmp/member/snap/0000000000000003-000000000061aa8.
snap with 10 clients
entering dir: /
copying key: /key 1
finished importing 1 keys
```

---

### 5.user

对用户进行管理，包括一系列子命令：

- add——添加一个用户；
- get——查询用户细节；
- list——列出所有用户；
- remove——删除用户；
- grant——添加用户到角色；
- revoke——删除用户角色；
- passwd——修改用户的密码。

默认情况下，需要先创建（启用）root用户作为etcd集群的最高权限管理员：

---

```
$ etcdctl user add root
New password:
```

---

创建一个testuser用户，会提示输入密码：

---

```
$ etcdctl user add testuser
New password:
```

---

分配某些已有角色给用户：

---

```
$ etcdctl user grant testuser -roles testrole
```

---

## 6.role

对用户角色进行管理，包括一系列子命令：

- add——添加一个角色；
- get——查询角色细节；
- list——列出所有用户角色；

**remove**——删除用户角色；

**grant**——添加路径到角色控制，可以为read、write或者readwrite；

**revoke**——删除某路径的用户角色信息。

默认带有root、guest两种角色，前者为全局最高权限，后者为不带验证情况下的用户。

例如：

---

```
$ etcdctl role add testrole  
$ etcdctl role grant testrole -path '/key/*' -read
```

---

## 7.auth

是否启用访问验证。enable为启用，disable为禁用。

例如，在root用户创建后，启用认证：

---

```
$ etcdctl auth enable
```

---

## 22.4 Etcd集群管理

Etcd的集群也采用了典型的“主-从”模型，通过Raft协议来保证在一段时间内有一个节点为主节点，其他节点为从节点。一旦当主节点发生故障，其他节点可以自动再重新选举出新的主节点。

跟其他分布式系统类似，集群中节点个数推荐为奇数个，最少为3个（此时quorum为2），越多节点个数自然能提供更多的冗余性，但同时会带来写数据性能的下降。



注意

在分布式系统中一个很重要的概念为quorum，意味着一个集群正常工作需要能参加投票的节点个数的最小值，一般为集群大小的一半再加一。

### 22.4.1 构建集群

构建集群无非是让节点们知道自己加入了哪个集群，其他对等节点的访问信息是什么。

Etcd支持两种模式来构建集群：静态配置和动态探测。

#### 1.静态配置集群信息

顾名思义，静态配置就是提取写好集群中的有关信息。

例如，假设我们想要用三个节点来构建一个集群，地址分别为：

节 点	地 址
Node1	10.0.0.1
Node2	10.0.0.2
Node3	10.0.0.3

首先在各个节点上将地址和别名信息添加到/etc/hosts:

·10.0.0.1 Node1

·10.0.0.2 Node2

·10.0.0.3 Node3

可以通过如下命令来启动各个节点上的etcd服务，分别命名为n1、n2和n3。

节点1上，执行：

```
$ etcd --name n1 \
--initial-cluster-token cluster1 \
--initial-cluster-state new \
--listen-client-urls http://Node1:2379,http://localhost:2379 \
--listen-peer-urls http://Node1:2380 \
--advertise-client-urls http://Node1:2379 \
--initial-advertise-peer-urls http://Node1:2380 \
--initial-cluster n1=http://Node1:2380,n2=http://Node2:2380,n3=http://Node3:2380
```

节点2上，执行：

```
$ etcd --name n2 \
--initial-cluster-token cluster1 \
--initial-cluster-state new \
--listen-client-urls http://Node2:2379,http://localhost:2379 \
--listen-peer-urls http://Node2:2380 \
--advertise-client-urls http://Node2:2379 \
--initial-advertise-peer-urls http://Node2:2380 \
--initial-cluster n1=http://Node1:2380,n2=http://Node2:2380,n3=http://Node3:2380
```

节点3上，执行：

```
$ etcd --name n3 \
--initial-cluster-token cluster1 \
--initial-cluster-state new \
--listen-client-urls http://Node3:2379,http://localhost:2379 \
--listen-peer-urls http://Node3:2380 \
```

```
--advertise-client-urls http://Node3:2379 \  
--initial-advertise-peer-urls http://Node3:2380 \  
--initial-cluster n1=http://Node1:2380,n2=http://Node2:2380,n3=http://Node3:2380
```

---

成功后，可以在任一节点上通过etcdctl来查看当前集群中的成员信息：

---

```
$ etcdctl member list      228428dce5a59f3b: name=n3 peerURLs=http://Node3:2380  
                           clientURLs=http://Node3:2379  
5051932762b33d8e: name=n1 peerURLs=http://Node1:2380 clientURLs=http://Node1:2379  
8ee612d82821a4e7: name=n2 peerURLs=http://Node2:2380 clientURLs=http://Node2:2379
```

---

## 2.动态发现

静态配置的方法虽然简单，但是如果节点信息需要变动的时候，就需要手动进行修改。

很自然，可以通过动态发现的方法，让集群自动更新节点信息。要实现动态发现，首先需要一套支持动态发现的服务。

CoreOS提供了一个公开的Etcd发现服务，地址在<https://discovery.etcd.io>。使用该服务的步骤也十分简单。

首先，为要创建的集群申请一个独一无二的uuid，需要提供的唯一参数为集群中节点的个数：

---

```
$ curl https://discovery.etcd.io/new?size=3  
https://discovery.etcd.io/7f66dc8d468a1c940969a8c329ee329a
```

---

返回的地址，就是该集群要实现动态发现的独一无二的地址。分别在各个节点上指定服务发现地址信息，替代掉原先动态指定的节点列表。

节点1上，执行：

---

```
$ etcd --name n1 \  
--initial-cluster-token cluster1 \  
--initial-cluster-state new \  
--listen-client-urls http://Node1:2379,http://localhost:2379 \  
--listen-peer-urls http://Node1:2380 \  
--advertise-client-urls http://Node1:2379 \  
--initial-advertise-peer-urls http://Node1:2380 \  
--discovery https://discovery.etcd.io/7f66dc8d468a1c940969a8c329ee329a
```

---

节点2上，执行：

---

```
$ etcd --name n2 \
--initial-cluster-token cluster1 \
--initial-cluster-state new \
--listen-client-urls http://Node2:2379,http://localhost:2379 \
--listen-peer-urls http://Node2:2380 \
--advertise-client-urls http://Node2:2379 \
--initial-advertise-peer-urls http://Node2:2380 \
--discovery https://discovery.etcd.io/7f66dc8d468a1c940969a8c329ee329a
```

---

节点3上，执行：

---

```
$ etcd --name n3 \
--initial-cluster-token cluster1 \
--initial-cluster-state new \
--listen-client-urls http://Node3:2379,http://localhost:2379 \
--listen-peer-urls http://Node3:2380 \
--advertise-client-urls http://Node3:2379 \
--initial-advertise-peer-urls http://Node3:2380 \
--discovery https://discovery.etcd.io/7f66dc8d468a1c940969a8c329ee329a
```

---

当然，用户也可以配置私有的服务。

另外一种实现动态发现的机制是通过DNS域名，即为每个节点指定同一个子域的域名，然后通过域名发现来自动注册。例如，三个节点的域名分别为：

·n1.mycluster.com

·n2.mycluster.com

·n3.mycluster.com

则启动参数中的集群节点列表信息可以替换为-discovery-srv mycluster.com。

## 22.4.2 集群参数配置

影响集群性能的因素可能有很多，包括时间同步、网络抖动、存储压力、读写压力等，需要通过优化配置尽量减少这些因素的影响。

### 1.时钟同步

对于分布式集群来说，各个节点上的同步时钟十分重要，Etcd集群需要各个节点时钟差异不超过1s，否则可能会导致Raft协议的异常。



因此，各个节点要启动同步时钟协议。以Ubuntu系统为例：

---

```
$ sudo aptitude install ntp
$ sudo service ntp restart
```

---

用户也可以修改/etc/ntp.conf文件，来指定ntp服务器地址，建议多个节点采用统一的配置。

## 2.心跳消息时间间隔和选举时间间隔

对于Etcd集群来说，有两个因素十分重要：心跳消息时间间隔和选举时间间隔。前者意味着主节点每隔多久来通过心跳消息来通知从节点自身的存活状态；后者意味着从节点多久没收到心跳通知后可以尝试发起选举自身为主节点。显然，后者要比前者大，一般建议设为前者的5倍以上。时间越短，发生故障后恢复越快，但心跳信息占用的计算和网络资源也越多。

默认情况下，心跳消息间隔为100ms。选举时间间隔为1s（上限为50s，但完全没必要这么长）。这个配置在本地局域网环境下是比较合适的，但是对于跨网段的情况，需要根据节点之间的RTT适当进行调整。

可以在启动服务时候通过-heartbeat-interval和-election-timeout参数来指定。

例如，一般情况下，跨数据中心的集群可以配置为：

---

```
$ etcd -heartbeat-interval=200 -election-timeout=2000
```

---

也可通过环境变量指定：

---

```
$ ETCD_HEARTBEAT_INTERVAL=100 ETCD_ELECTION_TIMEOUT=500 etcd
```

---

对于跨地域的网络（例如中美之间的数据中心RTT往往在数百ms），还可以适当延长。

## 3.snapshot频率

Etcd会定期地将数据的修改存储为snapshot，默认情况下每10000次修改才会存一个snapshot。在存储的时候会有大量数据进行写入，影响Etcd的性能。

建议将这个值调整的小一些，例如每2000个修改就做一次snapshot。

---

```
$ etcd -snapshot-count=2000
```

---

也可通过环境变量指定：

---

```
ETCD_SNAPSHOT_COUNT=2000 etcd
```

---

## 4.修改节点

无论是添加、删除还是迁移节点，都要一个一个的进行，并且确保先修改配置信息（包括节点广播的监听地址、集群中节点列表等），然后再进行操作。

例如要删除多个节点，当有主节点要被删除时，需要先删掉一个，等集群中状态稳定（新的主节点重新生成）后，再删除另外节点。

要迁移或替换节点的时候，先将节点从集群中删除掉，等集群状态重新稳定后，再添加上新的节点。当然，使用旧节点的数据目录文件会加快新节点的同步过程，但是要保证这些数据是完整的，且是比较新的。

## 5.节点恢复

Etcd集群中的节点会通过数据目录来存放修改信息和集群配置。

一般来说，当某个节点出现故障时候，本地数据已经过期甚至格式破坏。如果只是简单的重启进程，容易造成数据的不一致。

这个时候，保险的做法是先通过命令（例如`etcdctl member rm[member]`）来删除该节点，然后清空数据目录，再重新作为空节点加入。

Etcd提供了-strict-reconfig-check选项，确保当集群状态不稳定时候（例如启动节点数还不够达到quorum）拒绝对配置状态的修改。

## 6.重启集群

极端情况下，集群中大部分节点都出现问题，需要重启整个集群。

这个时候，最保险的办法是找到一个数据记录完整且比较新的节点，先以它为唯一节点创建新的集群，然后将其他节点一个一个地添加进来，添加过程中注意保证集群的稳定性。

## 22.5 本章小结

本章我们介绍了强大的分布式键值数据库实现Etcd，包括如何利用它进行读写数据等操作，以及Etcd集群管理的一些要点。Etcd提供了很多有用的功能，包括数据监听、定期快照等。

通过实践案例，可以看出Etcd的功能十分类似ZooKeeper，但作为后起之秀，它在REST接口支持、访问权限管理、大量数据存储方面表现更为优秀。同时，提供了多种语言（目前包括Python、Go、Java等）实现的客户端支持。基于Etcd，用户可以很容易地实现集群中的配置管理和服务发现等复杂功能，类似项目还包括Consul等。

## 第23章 Docker三剑客之Docker Machine

Docker Machine是Docker官方三剑客项目之一，负责使用Docker的第一步，在多种平台上快速安装Docker环境。它支持多种平台，让用户可以在很短时间内搭建一套Docker主机集群。

本章将介绍Docker Machine项目的具体情况，以及安装和使用命令。

## 23.1 简介

Machine项目是Docker官方的开源项目，负责实现对Docker主机本身进行管理，其代码在<https://github.com/docker/machine>上开源。



Machine项目主要由Go编写，用户可以在本地任意指定被Machine管理的Docker主机，并对其进行操作。Machine定位是“在本地或者云环境中创建Docker主机（Create Docker hosts on your computer, on cloud providers, and inside your own data center.）”。

其基本功能包括：

- 在指定节点上安装Docker引擎，配置其为Docker主机；
- 集中管理所有Docker主机。

Machine连接不同类型的节点是通过不同驱动指定的，目前已经支持了包括IBM、Amazon、Google等多家数据中心的云主机。



## 23.2 安装Machine

Docker Machine可以在多种操作系统平台上安装，包括Linux、Mac OS以及Windows。

### 1.Linux平台上的安装

在Linux平台上的安装十分简单，推荐从官方Release库（<https://github.com/docker/machine/releases>）直接下载编译好的二进制文件即可。

例如，在Linux 64位系统上直接下载对应的二进制包，以最新的0.8.0为例。

---

```
$ curl -L https://github.com/docker/machine/releases/download/v0.8.0/docker-machine_linux-amd64.zip >machine.zip && \
  unzip machine.zip && \
  rm machine.zip && \
  sudo mv -f docker-machine* /usr/local/bin
$ sudo chmod +x /usr/local/bin/docker-machine*
```

---

查看实际上安装的二进制命令：

---

```
$ls /usr/local/bin/docker-machine*
/usr/local/bin/docker-machine
/usr/local/bin/docker-machine-driver-google
/usr/local/bin/docker-machine-driver-virtualbox
/usr/local/bin/docker-machine-driver-amazonec2
/usr/local/bin/docker-machine-driver-hyperv
/usr/local/bin/docker-machine-driver-vmwarefusion
/usr/local/bin/docker-machine-driver-azure
/usr/local/bin/docker-machine-driver-none
/usr/local/bin/docker-machine-driver-vmwarevcloudair
/usr/local/bin/docker-machine-driver-digitalocean
/usr/local/bin/docker-machine-driver-openstack
/usr/local/bin/docker-machine-driver-vmwarevsphere
/usr/local/bin/docker-machine-driver-exoscale
/usr/local/bin/docker-machine-driver-rackspace
/usr/local/bin/docker-machine-driver-generic
/usr/local/bin/docker-machine-driver-softlayer
```

---

可以看到，主要包括docker-machine主命令，和一系列的驱动，这些驱动支持Docker Machine命令在这些平台上执行。

安装完成后，查看版本信息，验证运行正常：

---

```
$ $docker-machine -v
docker-machine version 0.8.0 (5ab2a1e)
```

---

## 2. Mac OS系统上的安装

Mac OS平台上的安装跟Linux平台十分类似，唯一不同是下载二进制文件的路径不同。

例如，同样是0.8.0版本，Mac OS平台对应的路径为[https://github.com/docker/machine/releases/download/v0.8.0/docker-machine\\_darwin-amd64.zip](https://github.com/docker/machine/releases/download/v0.8.0/docker-machine_darwin-amd64.zip)。

## 3. Windows系统上的安装

Windows下面要复杂一些，首先需要安装git-bash。git-bash是Windows下的git客户端软件包，会提供类似Linux下的一些基本工具，例如bash、curl、ssh命令等，最新版本为2.6.3。

安装之后，启动一个git-bash的命令行界面，仍然通过下载二进制包方式安装Docker Machine：

---

```
$ if [[ ! -d "$HOME/bin" ]]; then mkdir -p "$HOME/bin"; fi && \
  curl -L https://github.com/docker/machine/releases/download/v0.8.0/docker-
  machine_windows-amd64.zip >machine.zip && \
  unzip machine.zip && \
  rm machine.zip && \
  mv -f docker-machine* "$HOME/bin"
```

---

## 23.3 使用Machine

Docker Machine通过多种后端驱动来管理不同的资源，包括虚拟机、本地主机和云平台等。

通过-d选项可以选择支持的驱动类型。

### 1. 虚拟化平台

可以通过virtualbox驱动支持本地（需要已安装virtualbox）启动一个虚拟机并配置为Docker主机：

---

```
$ docker-machine create --driver=virtualbox vbox-instance
```

---

将启动一个全新的虚拟机，并安装Docker引擎。

此外，还支持Microsoft Hyper-V虚拟化平台。

### 2. 本地主机

这种驱动适合主机操作系统和SSH服务都已经安装好，需要对其安装Docker引擎。

首先确保本地主机可以通过user账号的key直接通过ssh连到目标主机。使用generic类型的驱动，注册一台Docker主机，命名为test：

---

```
$ docker-machine create -d generic --generic-ip-address=10.0.100.102 --generic-ssh-user=user test
Running pre-create checks...
Creating machine...
(test) OUT | Importing SSH key...
Waiting for machine to be running, this may take a few minutes...
Machine is running, waiting for SSH to be available...
Detecting operating system of created instance...
Detecting the provisioner...
Provisioning created instance...
...
```

---

从命令输出上可以看到，Machine通过SSH连接到指定节点，并在上面安装Docker引擎。

创建主机成功后，可以通过docker-machine ls命令来查看注册到本

地管理列表中的Docker主机：

---

```
$ docker-machine ls
NAME    ACTIVE   DRIVER    STATE    URL                     SWARM
test    -        generic   Running  tcp://10.0.100.102:2376
```

---

还可以通过inspect命令查看指定Docker主机的具体信息。

### 3.云平台驱动

以Amazon Web Services云平台为例，配置其上的虚拟机为Docker主机。

需要指定Access Key ID、Secret Access Key、VPC ID等信息。例如：

---

```
$ docker-machine create --driver amazec2 --amazec2-access-key AKI*****
--amazec2-secret-key 8T93C***** --amazec2-vpc-id vpc-*****
aws_instance
```

---

其他支持的云平台还包括Microsoft Azure、Digital Ocean、Exoscale、Google Compute Engine、Rackspace、IBM Softlayer等。

## 23.4 Machine命令

每个命令都带有一系列参数，可以通过如下命令来查看用法：

---

```
docker-machine <COMMAND> -h
```

---

命令参见表23-1。

表23-1 Machine命令列表

命 令	说 明
active	查看当前激活状态的 Docker 主机
config	查看到激活 Docker 主机的连接信息
creat	创建一个 Docker 主机
env	显示连接到某个主机需要的环境变量
inspect	以 json 格式输出指定 Docker 主机的详细信息
ip	获取指定的 Docker 主机地址
kill	直接杀死指定的 Docker 主机
ls	列出所有管理的主机
regenerate-certs	为某个主机重新生成 TLS 认证信息
restart	重启指定 Docker 主机
rm	删除某台 Docker 主机。对应虚机会被删除
scp	在 Docker 主机之间以及 Docker 主机和本地之间通过 scp 命令来远程复制文件
ssh	通过 SSH 连到主机上，执行命令
start	启动一个指定的 Docker 主机。如果对象是虚拟机，该虚拟机将被启动
status	获取指定 Docker 主机的状态，包括 Running、Paused、Saved、Stopped、Stopping、Starting、Error 等
stop	停止一个 Docker 主机
upgrade	将指定主机的 Docker 版本更新为最新
url	获取指定 Docker 主机的监听 URL
help, h	输出帮助信息

下面具体介绍部分命令的用法。

## 1.active

格式为：`docker-machine active[arg...]`

查看当前激活状态的Docker主机。激活状态意味着当前的

DOCKER\_HOST环境变量指向该主机。例如下面命令列出当前激活主机为dev主机：

---

```
$ docker-machine ls
NAME      ACTIVE   DRIVER        STATE     URL
dev       *        virtualbox    Running   tcp://192.168.56.102:2376
staging   *        digitalocean  Running   tcp://104.236.60.101:2376
$ echo $DOCKER_HOST
tcp://104.236.60.101:2376
$ docker-machine active
staging
```

---

## 2.config

格式为：docker-machine config[OPTIONS][arg...]

查看到激活Docker主机的连接信息。例如下面显示dev主机的连接信息：

---

```
$ docker-machine config dev
--tlsverify --tlscacert="/home/docker_user/.docker/machines/dev/ca.pem" --tlscert="/home/docker_user/.docker/machines/dev/cert.pem" --tlskey="/home/docker_user/.docker/machines/dev/key.pem" -H tcp://192.168.56.102:2376
```

---

## 3.create

格式为：docker-machine create[OPTIONS][arg...]

创建一个Docker主机。

选项包括：

- driver, -d"none"指定驱动类型；
- engine-install-url"<https://get.docker.com>"配置Docker主机时候的安装URL；
- engine-opt option以键值对格式指定所创建Docker引擎的参数；
- engine-insecure-registry option以键值对格式指定所创建Docker引擎允许访问的不支持认证的注册仓库服务；
- engine-registry-mirror option指定使用注册仓库镜像；

- `---engine-label option`为所创建的Docker引擎添加标签;
- `---engine-storage-driver`存储后端驱动类型;
- `---engine-env option`指定环境变量;
- `---swarm`指定使用Swarm;
- `---swarm-image"swarm: latest"`使用Swarm时候采用的镜像;
- `---swarm-master`配置机器作为Swarm集群的master节点;
- `---swarm-discovery` Swarm集群的服务发现机制参数;
- `---swarm-strategy"spread"`Swarm默认调度策略;
- `---swarm-opt option`任意传递给Swarm的参数;
- `---swarm-host"tcp://0.0.0.0: 3376"`指定地址将监听Swarm master节点请求;
- `---swarm-addr`从指定地址发送广播加入Swarm集群服务。

例如, 通过如下命令可以创建一个Docker主机的虚拟机镜像:

---

```
$ docker-machine create -d virtualbox \  
  --engine-storage-driver overlay \  
  --engine-label name=testmachine \  
  --engine-label year=2015 \  
  --engine-opt dns=8.8.8.8 \  
  --engine-env HTTP_PROXY=http://proxy.com:3128 \  
  --engine-insecure-registry registry.private.com \  
  mydockermachine
```

---

所创建Docker主机虚拟机中的Docker引擎将具有如下功能:

- 使用overlay类型的存储驱动;
- 带有name=testmachine和year=2015两个标签;
- 引擎采用8.8.8.8作为默认DNS;
- 环境变量中指定HTTP代理服务<http://proxy.com:3128>;



·允许使用不带验证的注册仓库服务registry.private.com。

## 4.env

格式为: `docker-machine env[OPTIONS][arg...]`

显示连接到某个主机需要的环境变量。

例如, 显示连接到default主机所需要的环境变量:

---

```
$ docker-machine env default
export DOCKER_TLS_VERIFY="1"
export DOCKER_HOST="tcp://192.168.56.102:2376"
export DOCKER_CERT_PATH="/home/docker_user/.docker/machine/certs"
export DOCKER_MACHINE_NAME="default"
```

---

## 5.inspect

格式为: `docker-machine inspect[OPTIONS][arg...]`

以json格式输出指定Docker主机的详细信息。

例如:

---

```
$ docker-machine inspect default
{
  "DriverName": "virtualbox",
  "Driver": {
    "MachineName": "docker-host-128be8d287b2028316c0ad5714b90bcfc11f998056
      f2f790f7c1f43f3d1e6eda",
    "SSHPort": 22,
    "Memory": 1024,
    "DiskSize": 20000,
    "Boot2DockerURL": "",
    "IPAddress": "192.168.56.102"
  },
  ...
}
```

---

## 6.ip

获取指定Docker主机地址。

例如:

---

```
$ docker-machine ip default
192.168.56.102
```

---

## 7.kill

直接杀死指定的Docker主机。

指定Docker主机强制停止。

## 8.ls

列出所有管理的主机。

格式为：docker-machine ls[OPTIONS][arg...]

例如：

---

```
$ docker-machine ls
NAME    ACTIVE   DRIVER        STATE     URL
default -        virtualbox    Stopped
test0   -        virtualbox    Running   tcp://192.168.56.105:2376
test1   -        virtualbox    Running   tcp://192.168.56.106:2376
test2   *        virtualbox    Running   tcp://192.168.56.107:2376
```

---

可以通过--filter来只输出某些Docker主机，支持过滤器包括名称正则表达式、驱动类型、Swarm管理节点名称、状态等。

例如：

---

```
$ docker-machine ls --filter state=Stopped
NAME    ACTIVE   DRIVER        STATE     URL    SWARM
default -        virtualbox    Stopped
```

---

支持选项包括

- quiet, -q减少无关输出信息；

- filter[--filter option--filter option]只输出符合过滤条件主机。

## 23.5 本章小结

本章介绍了Docker三件套之一，Docker Machine项目。通过介绍可以看出，当要对多个Docker主机进行配置和管理时，采用Docker Machine将十分方便快捷。不仅提高了操作速度，更通过批量统一的管理减少了出错的可能。这是在大规模集群和云平台环境中所推荐的。

配合Compose和Swarm，可以实现完整的Docker环境生命周期管理。

## 第24章 Docker三剑客之Docker Compose

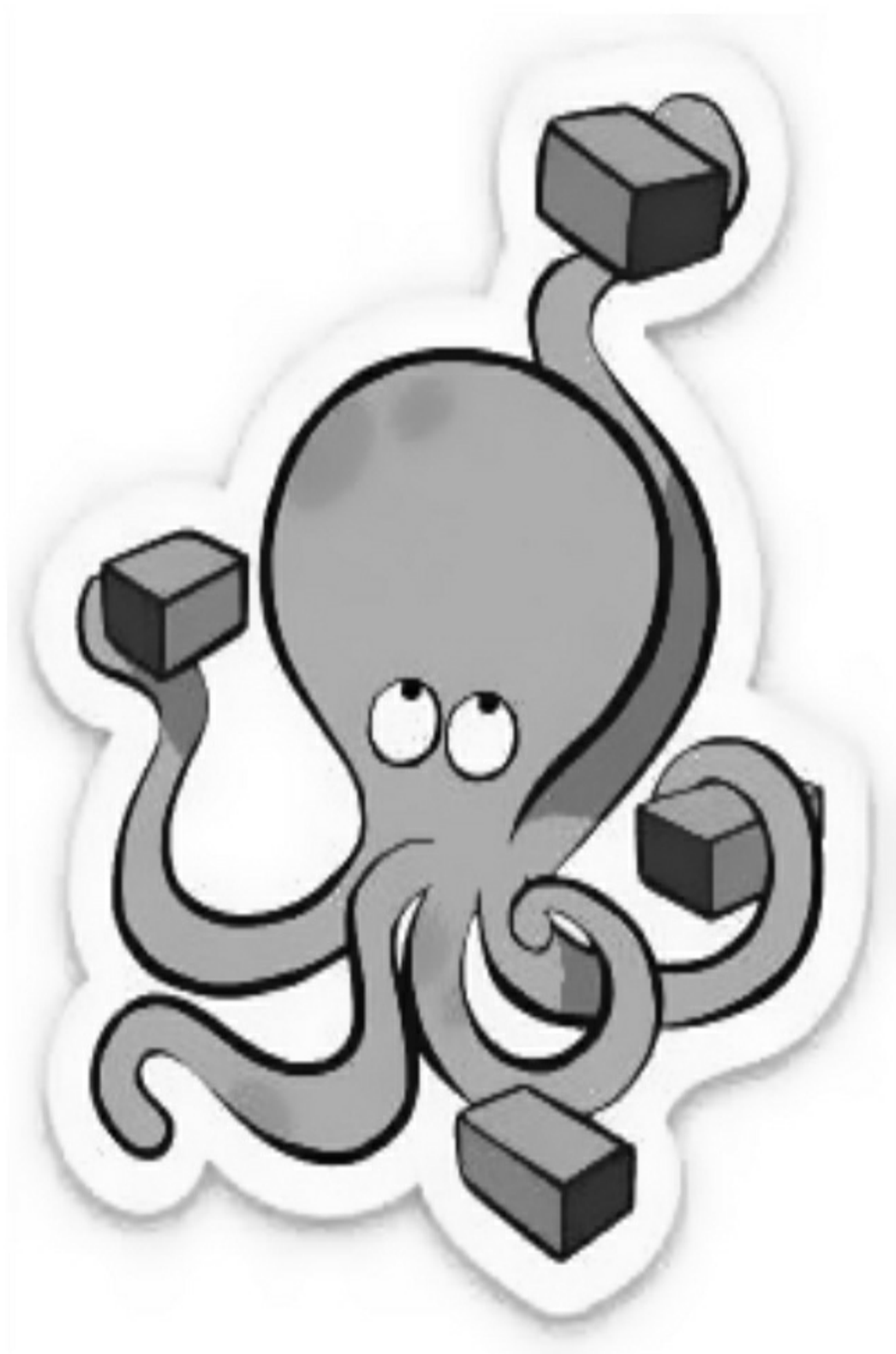
编排（Orchestration）功能是复杂系统实现灵活可操作性的关键。特别是在Docker应用场景中，编排意味着用户可以灵活地对各种容器资源实现定义和管理。

作为Docker官方编排工具，Compose的重要性不言而喻，它可以让用户通过编写一个简单的模板文件，快速地创建和管理基于Docker容器的应用集群。

本章将介绍Compose项目的具体情况，以及如何进行安装和使用，最后还通过两个具体案例来展示如何编写Compose模板文件。

## 24.1 简介

Compose项目是Docker官方的开源项目，负责实现对Docker容器集群的快速编排。从功能上看，跟OpenStack中的Heat十分类似。其代码目前在<https://github.com/docker/compose>上开源。



Compose定位是“定义和运行多个Docker容器的应用”，其前身是开源项目Fig，目前仍然兼容Fig格式的模板文件。

通过第一部分中的介绍，我们知道使用一个Dockerfile模板文件，可以让用户很方便地定义一个单独的应用容器。然而，在日常工作中，经常会碰到需要多个容器相互配合来完成某项任务的情况。例如要实现一个Web项目，除了Web服务容器本身，往往还需要再加上后端的数据库服务容器，甚至还包括负载均衡容器等。

Compose恰好满足了这样的需求。它允许用户通过一个单独的docker-compose.yml模板文件（YAML格式）来定义一组相关联的应用容器为一个项目（project）。

Compose中有两个重要的概念：

- 服务（service）：一个应用的容器，实际上可以包括若干运行相同镜像的容器实例。

- 项目（project）：由一组关联的应用容器组成的一个完整业务单元，在docker-compose.yml文件中定义。

Compose的默认管理对象是项目，通过子命令对项目中的一组容器进行便捷地生命周期管理。

Compose项目由Python编写，实现上调用了Docker服务提供的API来对容器进行管理。因此，只要所操作的平台支持Docker API，就可以在其上利用Compose来进行编排管理。





```
--verbose          Show more output
-v, --version      Print version and exit
Commands:
build              Build or rebuild services
help              Get help on a command
kill              Kill containers
logs              View output from containers
pause             Pause services
port              Print the public port for a port binding
ps                List containers
pull              Pulls service images
restart           Restart services
rm                Remove stopped containers
run               Run a one-off command
scale             Set number of containers for a service
start             Start services
stop             Stop services
unpause           Unpause services
up                Create and start containers
migrate-to-labels Recreate containers to add labels
version           Show the Docker-Compose version information
```

---

之后，可以添加bash补全命令：

---

```
$ curl -L https://raw.githubusercontent.com/docker/compose/1.8.0/contrib/completion
  /bash/docker-compose > /etc/bash_completion.d/docker-compose
```

---

## 2.二进制包

官方定义编译好二进制包，供大家使用。这些发布的二进制包可以在<https://github.com/docker/compose/releases>页面找到。

这些二进制文件，下载后直接放到执行路径下，并添加执行权限即可。例如，在Linux平台上：

---

```
$ sudo curl -L https://github.com/docker/compose/releases/download/1.8.0/docker-
  compose-`uname -s`-`uname -m` > /usr/local/bin/docker-compose
$ sudo chmod a+x /usr/local/bin/docker-compose
```

---

可以使用`docker-compose version`命令来查看版本信息，以测试是否安装成功：

---

```
$ docker-compose version
docker-compose version 1.8.0, build 94f7016
docker-py version: 1.9.0
CPython version: 2.7.6
OpenSSL version: OpenSSL 1.0.1f 6 Jan 2014
```

---

## 3.容器中执行

Compose既然是一个Python应用，自然也可以直接用容器来执行它：

---

```
$ curl -L https://github.com/docker/compose/releases/download/1.8.0/run.sh >
/usr/local/bin/docker-compose
$ chmod +x /usr/local/bin/docker-compose
```

---

实际上，查看下载的run.sh脚本内容，如下所示：

---

```
set -e
VERSION="1.8.0"
IMAGE="docker/compose:$VERSION"
# Setup options for connecting to docker host
if [ -z "$DOCKER_HOST" ]; then
    DOCKER_HOST="/var/run/docker.sock"
fi
if [ -S "$DOCKER_HOST" ]; then
    DOCKER_ADDR="-v $DOCKER_HOST:$DOCKER_HOST -e DOCKER_HOST"
else
    DOCKER_ADDR="-e DOCKER_HOST -e DOCKER_TLS_VERIFY -e DOCKER_CERT_PATH"
fi
# Setup volume mounts for compose config and context
if [ "$(pwd)" != '/' ]; then
    VOLUMES="-v $(pwd):$(pwd)"
fi
if [ -n "$COMPOSE_FILE" ]; then
    compose_dir=$(dirname $COMPOSE_FILE)
fi
# TODO: also check --file argument
if [ -n "$compose_dir" ]; then
    VOLUMES="$VOLUMES -v $compose_dir:$compose_dir"
fi
if [ -n "$HOME" ]; then
    VOLUMES="$VOLUMES -v $HOME:$HOME -v $HOME:/root" # mount $HOME in /root to
    share docker.config
fi
# Only allocate tty if we detect one
if [ -t 1 ]; then
    DOCKER_RUN_OPTIONS="-t"
fi
if [ -t 0 ]; then
    DOCKER_RUN_OPTIONS="$DOCKER_RUN_OPTIONS -i"
fi
exec docker run --rm $DOCKER_RUN_OPTIONS $DOCKER_ADDR $COMPOSE_OPTIONS $VOLUMES
-w "$(pwd)" $IMAGE "$@"
```

---

可以看到，它其实是下载了docker/compose镜像并运行。

## 4.卸载

如果是二进制包方式安装的，删除二进制文件即可：

---

```
$ sudo rm /usr/local/bin/docker-compose
```

---

如果是通过Python pip工具安装的，则可以执行如下命令删除：

---

```
$ sudo pip uninstall docker-compose
```

---

## 24.3 Compose命令说明

对于Compose来说，大部分命令的对象既可以是项目本身，也可以指定为项目中的服务或者容器。如果没有特别说明，命令对象将是项目，这意味着项目中所有的服务都会受到命令影响。

执行docker-compose[COMMAND]--help或者docker-compose help[COMMAND]可以查看具体某个命令的使用格式。Compose命令的基本的使用格式是：

---

```
docker-compose [-f=<arg>...] [options] [COMMAND] [ARGS...]
```

---

命令选项如下：

·-f, --file FILE指定使用的Compose模板文件，默认为docker-compose.yml，可以多次指定。

·-p, --project-name NAME指定项目名称，默认将使用所在目录名称作为项目名。

·--x-networking使用Docker的可拔插网络后端特性（需要Docker 1.9及以后版本）。

·--x-network-driver DRIVER指定网络后端的驱动，默认为bridge（需要Docker 1.9及以后版本）。

·--verbose输出更多调试信息。

·-v, --version打印版本并退出。

命令列表见表24-1。

表24-1 Compose命令

命 令	说 明
build	构建项目中的服务容器
help	获得一个命令的帮助
kill	通过发送 SIGKILL 信号来强制停止服务容器
logs	查看服务容器的输出
pause	暂停一个服务容器

( 续 )

命 令	说 明
port	打印某个容器端口所映射的公共端口
ps	列出项目中目前的所有容器
pull	拉取服务依赖的镜像
restart	重启项目中的服务
rm	删除所有（停止状态的）服务容器
run	在指定服务上执行一个命令
scale	设置指定服务运行的容器个数
start	启动已经存在的服务容器
stop	停止已经处于运行状态的容器，但不删除它
unpause	恢复处于暂停状态中的服务
up	自动完成包括构建镜像、创建服务、启动服务并关联服务相关容器的一系列操作
migrate-to-labels	重新创建容器，并添加 label
version	打印版本信息

命令使用说明如下。

## 1.build

格式为`docker-compose build[options][SERVICE...]`。

构建（重新构建）项目中的服务容器。

服务容器一旦构建后，将会带上一个标记名，例如对于web项目中的一个db容器，可能是web\_db。可以随时在项目目录下运行`docker-compose build`来重新构建服务。

选项包括：

- `--force-rm`删除构建过程中的临时容器。
- `--no-cache`构建镜像过程中不使用缓存（这将加长构建过程）。
- `--pull`始终尝试通过拉取操作来获取更新版本的镜像。

## 2.help

获得一个命令的帮助。

## 3.kill

格式为`docker-compose kill[options][SERVICE...]`。

通过发送SIGKILL信号来强制停止服务容器。

支持通过-s参数来指定发送的信号，例如通过如下指令发送SIGINT信号：

---

```
$ docker-compose kill -s SIGINT
```

---

## 4.logs

格式为`docker-compose logs[options][SERVICE...]`。

查看服务容器的输出。默认情况下，docker-compose将对不同的服务输出使用不同的颜色来区分。可以通过--no-color来关闭颜色。该命令在调试问题的时候十分有用。

## 5.pause

格式为docker-compose pause[SERVICE...]

暂停一个服务容器。

## 6.port

格式为docker-compose port[options]SERVICE PRIVATE\_PORT。

显示某个容器端口所映射的公共端口。

选项：

·--protocol=proto指定端口协议，TCP（默认值）或者UDP。

·--index=index如果同一服务存在多个容器，指定命令对象容器的序号（默认为1）。

## 7.ps

格式为docker-compose ps[options][SERVICE...]

列出项目中目前的所有容器。

选项：-q只打印容器的ID信息。

## 8.pull

格式为docker-compose pull[options][SERVICE...]

拉取服务依赖的镜像。

选项：--ignore-pull-failures忽略拉取镜像过程中的错误。

## 9.restart

格式为`docker-compose restart[options][SERVICE...]`。

重启项目中的服务。

选项为`-t`, `--timeout TIMEOUT`, 指定重启前停止容器的超时（默认为10秒）。

## 10.rm

格式为`docker-compose rm[options][SERVICE...]`。

删除所有（停止状态的）服务容器。推荐先执行`docker-compose stop`命令来停止容器。

选项如下：

·`-f`, `--force`强制直接删除，包括非停止状态的容器。一般尽量不要使用该选项。

·`-v`删除容器所挂载的数据卷。

## 11.run

格式为`docker-compose run[options][-p PORT...][-e KEY=VAL...]SERVICE[COMMAND][ARGS...]`。

在指定服务上执行一个命令。

例如：

---

```
$ docker-compose run ubuntu ping docker.com
```

---

将会启动一个ubuntu服务容器，并执行`ping docker.com`命令。

默认情况下，如果存在关联，则所有关联的服务将会自动被启动，除非这些服务已经在运行中。该命令类似于启动容器后运行指定的命令，相关卷、链接等都将会按照配置自动创建。有两个不同点：

- 给定命令将会覆盖原有的自动运行命令；

- 不会自动创建端口，以避免冲突。

如果不希望自动启动关联的容器，可以使用`--no-deps`选项，例如：

---

```
$ docker-compose run --no-deps web python manage.py shell
```

---

将不会启动Web容器所关联的其他容器。

选项：

- `-d`在后台运行服务容器。

- `--name NAME`为容器指定一个名字。

- `--entrypoint CMD`覆盖默认的容器启动指令。

- `-e KEY=VAL`设置环境变量值，可多次使用选项来设置多个环境变量。

- `-u`，`--user=""`指定运行容器的用户名或者uid。

- `--no-deps`不自动启动关联的服务容器。

- `--rm`运行命令后自动删除容器，`d`模式下将忽略。

- `-p`，`--publish=[]`映射容器端口到本地主机。

- `--service-ports`配置服务端口并映射到本地主机。

- `-T`不分配伪tty，意味着依赖tty的指令将无法运行。

## 12.scale

格式为`docker-compose scale[options][SERVICE=NUM...]`。

设置指定服务运行的容器个数。



通过service=num的参数来设置数量。例如：

---

```
$ docker-compose scale web=3 db=2
```

---

将启动3个容器运行web服务，2个容器运行db服务。一般情况下，当指定数目多于该服务当前实际运行容器，将新创建并启动容器；反之，将停止容器。

选项为-t, --timeout TIMEOUT，停止容器时候的超时（默认为10秒）。

### 13.start

格式为docker-compose start[SERVICE...]。

启动已经存在的服务容器。

### 14.stop

格式为docker-compose stop[options][SERVICE...]。

停止已经处于运行状态的容器，但不删除它。通过docker-compose start可以再次启动这些容器。

选项为-t, --timeout TIMEOUT，停止容器时候的超时（默认为10秒）。

### 15.unpause

格式为docker-compose unpause[SERVICE...]。

恢复处于暂停状态中的服务。

### 16.up

格式为docker-compose up[options][SERVICE...]。

该命令十分强大，它将尝试自动完成包括构建镜像，（重新）创建服务，启动服务，并关联服务相关容器的一系列操作。链接的服务都将

会被自动启动，除非已经处于运行状态。

可以说，大部分时候都可以直接通过该命令来启动一个项目。默认情况，`docker-compose up`启动的容器都在前台，控制台将会同时打印所有容器的输出信息，可以很方便进行调试。当通过Ctrl-C停止命令时，所有容器将会停止。如果使用`docker-compose up-d`，将会在后台启动并运行所有的容器。一般推荐生产环境下使用该选项。默认情况，如果服务容器已经存在，`docker-compose up`将会尝试停止容器，然后重新创建（保持使用volumes-from挂载的卷），以保证新启动的服务匹配`docker-compose.yml`文件的最新内容。如果用户不希望容器被停止并重新创建，可以使用`docker-compose up--no-recreate`。这样将只会启动处于停止状态的容器，而忽略已经运行的服务。如果用户只想重新部署某个服务，可以使用`docker-compose up--no-deps-d<SERVICE_NAME>`来重新创建服务并后台停止旧服务，启动新服务，并不会影响到其所依赖的服务。

选项：

- `-d`在后台运行服务容器。
- `--no-color`不使用颜色来区分不同的服务的控制台输出。
- `--no-deps`不启动服务所链接的容器。
- `--force-recreate`强制重新创建容器，不能与`--no-recreate`同时使用。
- `--no-recreate`如果容器已经存在了，则不重新创建，不能与`--force-recreate`同时使用。
- `--no-build`不自动构建缺失的服务镜像。
- `-t`，`--timeout TIMEOUT`停止容器时候的超时（默认为10秒）。

## 17.migrate-to-labels

格式为`docker-compose migrate-to-labels`。

重新创建容器，并添加label。主要用于升级1.2及更早版本中创建的容器，添加缺失的容器标签。

实际上，最彻底的办法当然是删除项目，然后重新创建。

## 18.version

格式为docker-compose version。

打印版本信息。

## 24.4 Compose环境变量

环境变量可以用来配置Compose的行为，参见表24-2。以 DOCKER\_开头的变量和用来配置Docker命令行客户端的使用一样。如果使用boot2docker，\$(boot2docker shellinit)将会设置它们为正确的值。

表24-2 Compose环境变量

变 量	说 明
COMPOSE_PROJECT_NAME	设置 Compose 的项目名称，默认是当前工作目录（docker-compose.yml 文件所在目录）的名字 Compose 会为每一个启动的容器前添加的项目名称。例如一个名称为 proj 的项目，其中的一个 web 容器，名称可能为 proj_web_1
COMPOSE_FILE	设置要使用的 docker-compose.yml 的路径。如果不指定，默认会先查找当前工作目录下是否存在 docker-compose.yml 文件，如果还找不到，则继续查找上层目录
COMPOSE_API_VERSION	某些情况下，Compose 发出的 Docker 请求的版本可能 Docker 服务端并不支持，可以通过指定 API 版本来临时解决这一问题 在生产环境中不推荐使用这一临时方案，要通过适当的升级来保证客户端和服务端版本的兼容性
DOCKER_HOST	设置 Docker 服务端的监听地址。默认使用 unix:///var/run/docker.sock，这其实也是 Docker 客户端采用的默认值
DOCKER_TLS_VERIFY	如果该环境变量不为空，则与 Docker 服务端的所有交互都通过 TLS 协议进行加密
DOCKER_CERT_PATH	配置 TLS 通信所需要的验证文件（包括 ca.pem、cert.pem 和 key.pem）的路径，默认是 ~/.docker
COMPOSE_HTTP_TIMEOUT	Compose 发送往 Docker 服务端的请求的超时，默认为 60 秒

## 24.5 Compose模板文件

模板文件是使用Compose的核心，涉及的指令关键字也比较多。但大家不用担心，这里的大部分指令与docker run相关参数的含义都是类似的。

默认的模板文件名称为docker-compose.yml，格式为YAML格式。

在旧版本（版本1）中，其中每个顶级元素为服务名称，次级元素为服务容器的配置信息，例如：

---

```
webapp:
  image: examples/web
  ports:
    - "80:80"
  volumes:
    - "/data"
```

---

版本2扩展了Compose的语法，同时尽量兼容版本1，除了可以声明网络和存储信息外，最大的不同一是添加了版本信息，另一个是需要将所有服务放到services根下面。

例如，上面例子改写为版本2，内容为：

---

```
version: "2"
services:
  webapp:
    image: examples/web
    ports:
      - "80:80"
    volumes:
      - "/data"
```

---

注意，每个服务都必须通过image指令指定镜像或build指令（需要Dockerfile）等来自动构建生成镜像。

如果使用build指令，在Dockerfile中设置的选项（例如：CMD、EXPOSE、VOLUME、ENV等）将会自动被获取，无需在docker-compose.yml中再次设置。

表24-3列出这些指令的功能。

表24-3 Compose模板文件主要指令

指 令	功 能
build	指定服务镜像 Dockerfile 所在路径
cap_add, cap_drop	指定容器的内核能力 (capacity) 分配
command	覆盖容器启动后默认执行的命令
cgroup_parent	指定父 cgroup 组，意味着将继承该组的资源限制
container_name	指定容器名称。默认将会使用项目名称_服务名称_序号这样的格式
devices	指定设备映射关系
dns	自定义 DNS 服务器。可以是一个值，也可以是一个列表
dns_search	配置 DNS 搜索域。可以是一个值，也可以是一个列表
dockerfile	指定额外编译镜像的 Dockerfile 文件，可以通过该指令来指定
env_file	从文件中获取环境变量，可以为单独的文件路径或列表
environment	设置环境变量，可以使用数组或字典两种格式
expose	暴露端口
extends	基于其他模板文件进行扩展
external_links	链接到 docker-compose.yml 外部的容器，甚至可以是非 Compose 管理的外部容器
extra_hosts	指定额外的 host 名称映射信息
image	指定为镜像名称或镜像 ID。如果镜像在本地不存在，Compose 将会尝试拉取这个镜像

(续)

指 令	功 能
labels	为容器添加 Docker 元数据 (metadata) 信息
links	链接到其他服务中的容器
log_driver	指定日志驱动类型, 类似于 Docker 中的 --log-driver 参数。目前支持三种日志驱动类型: log_driver: "json-file"、log_driver: "syslog"、log_driver: "none"
log_opt	日志驱动的相关参数
net	设置网络模式。参数类似于 docker client 的 --net 参数一样
pid	跟主机系统共享进程命名空间。打开该选项的容器之间, 以及容器和宿主机系统之间可以通过进程 ID 来相互访问和操作
ports	暴露端口信息
security_opt	指定容器模板标签 (label) 机制的默认属性 (如用户、角色、类型、级别等)
ulimits	指定容器的 ulimits 限制值
volumes	数据卷所挂载路径设置。可以设置宿主机路径 (HOST:CONTAINER) 或加上访问模式 (HOST:CONTAINER:ro)
volumes_driver	较新版本的 Docker 支持数据卷的插件驱动
volumes_from	从另一个服务或容器挂载它的数据卷

下面介绍部分指令的用法。

## 1.Build指令

指定Dockerfile所在文件夹的路径（可以是绝对路径，或者相对docker-compose.yml文件的路径）。Compose将会利用它自动构建这个镜像，然后使用这个镜像：

---

```
build: /path/to/build/dir
```

---

## 2.cap\_add, cap\_drop

指定容器的内核能力（capacity）分配。

例如，让容器拥有所有能力可以指定为：

```
cap_add:  
- ALL
```

---

去掉NET\_ADMIN能力可以指定为：

```
cap_drop:  
- NET_ADMIN
```

---

## 3.command

覆盖容器启动后默认执行的命令：

```
command: echo "hello world"
```

---

## 4.cgroup\_parent

指定父cgroup组，意味着将继承该组的资源限制。

例如，创建了一个cgroup组名称为cgroups\_1：

```
cgroup_parent: cgroups_1
```

---

## 5.container\_name

指定容器名称。默认将会使用“项目名称\_服务名称\_序号”这样的格式。例如：

```
container_name: docker-web-container
```

---



需要注意，指定容器名称后，该服务将无法进行扩展，因为Docker不允许多个容器具有相同的名称。

## 6.devices

指定设备映射关系，例如：

```
devices:
  - "/dev/ttyUSB1:/dev/ttyUSB0"
```

## 7.dns

自定义DNS服务器。可以是一个值，也可以是一个列表，例如：

```
dns: 8.8.8.8
dns:
  - 8.8.8.8
  - 9.9.9.9
```

## 8.dns\_search

配置DNS搜索域。可以是一个值，也可以是一个列表，例如：

```
dns_search: example.com
dns_search:
  - domain1.example.com
  - domain2.example.com
```

## 9.Dockerfile

如果需要，指定额外的编译镜像的Dockerfile文件，可以通过该指令来指定，例如：

```
Dockerfile: Dockerfile-alternate
```



注意

该指令不能跟image同时使用，否则Compose将不知道根据哪个指令来生成最终的服务镜像。

## 10.env\_file

从文件中获取环境变量，可以为单独的文件路径或列表。

如果通过docker-compose-f FILE方式来指定Compose模板文件，则env\_file中变量的路径会基于模板文件路径。

如果有变量名称与environment指令冲突，则按照惯例，以后者为准：

```
env_file: .env
env_file:
  - ./common.env
  - ./apps/web.env
  - /opt/secrets.env
```

环境变量文件中每一行必须符合格式，支持#开头的注释行：

```
# common.env: Set development environment
PROG_ENV=development
```

## 11.environment

设置环境变量，可以使用数组或字典两种格式。

只给定名称的变量会自动获取运行Compose主机上对应变量的值，可以用来防止泄露不必要的数据。例如：

```
environment:
  RACK_ENV: development
  SESSION_SECRET:
```

或者：

```
environment:
  - RACK_ENV=development
  - SESSION_SECRET
```

注意，如果变量名称或者值中用到true|false，yes|no等表达布尔含义

的词汇，最好放到引号里，避免YAML自动解析某些内容为对应的布尔语义：

---

```
http://yaml.org/type/bool.html中给出了这些特定词汇，包括
y|Y|yes|Yes|YES|n|N|no|No|NO
|true|True|TRUE|false|False|FALSE
|on|On|ON|off|Off|OFF
```

---

## 12.expose

暴露端口，但不映射到宿主机，只允许能被连接的服务访问。仅可以指定内部端口为参数，如下所示：

---

```
expose:
  - "3000"
  - "8000"
```

---

## 13.extends

基于其他模板文件进行扩展。例如，我们已经有了一个webapp服务，定义一个基础模板文件为common.yml，如下所示：

---

```
# common.yml
webapp:
  build: ./webapp
  environment:
    - DEBUG=false
    - SEND_EMAILS=false
```

---

再编写一个新的development.yml文件，使用common.yml中的webapp服务进行扩展：

---

```
# development.yml
web:
  extends:
    file: common.yml
    service: webapp
  ports:
    - "8000:8000"
  links:
    - db
  environment:
    - DEBUG=true
db:
  image: postgres
```

---

后者会自动继承common.yml中的webapp服务及环境变量定义。

使用extends需要注意以下几点：

- 避免出现循环依赖，例如A依赖B，B依赖C，C反过来依赖A的情况。

- extends不会继承links和volumes\_from中定义的容器和数据卷资源。

一般情况下，推荐在基础模板中只定义一些可以共享的镜像和环境变量，在扩展模板中具体指定应用变量、链接、数据卷等信息。

## 14.external\_links

链接到docker-compose.yml外部的容器，甚至可以是非Compose管理的外部容器。参数格式跟links类似：

---

```
external_links:
- redis_1
- project_db_1:mysql
- project_db_1:postgresql
```

---

## 15.extra\_hosts

类似于Docker中的--add-host参数，指定额外的host名称映射信息，例如：

---

```
extra_hosts:
- "googledns:8.8.8.8"
- "dockerhub:52.1.157.61"
```

---

会在启动后的服务容器中/etc/hosts文件中添加如下两条条目：

---

```
8.8.8.8 googledns
52.1.157.61 dockerhub
```

---

## 16.image

指定为镜像名称或镜像ID。如果镜像在本地不存在，Compose将会尝试拉取这个镜像，例如：

---

```
image: ubuntu
image: orchardup/postgresql
image: a4bc65fd
```

---

## 17.labels

为容器添加Docker元数据（metadata）信息。例如，可以为容器添加辅助说明信息：

```
labels:
  com.startupteam.description: "webapp for a startup team"
  com.startupteam.department: "devops department"
  com.startupteam.release: "rc3 for v1.0"
```

## 18.links

链接到其他服务中的容器。使用服务名称（同时作为别名），或者“服务名称：服务别名”（如SERVICE: ALIAS），这样的格式都可以，例如：

```
links:
  - db
  - db:database
  - redis
```

使用的别名将会自动在服务容器中的/etc/hosts里创建。例如：

```
172.17.2.186 db
172.17.2.186 database
172.17.2.187 redis
```

所连接容器中相应的环境变量也将创建。

## 19.log\_driver

类似于Docker中的--log-driver参数，指定日志驱动类型。目前支持三种日志驱动类型：

```
log_driver: "json-file"
log_driver: "syslog"
log_driver: "none"
```

## 20.log\_opt

日志驱动的相关参数。例如：

```
log_driver: "syslog"
```

```
log_opt:  
  syslog-address: "tcp://192.168.0.42:123"
```

---

## 21.net

设置网络模式。参数类似于docker client的--net参数：

---

```
net: "bridge"  
net: "none"  
net: "container:[name or id]"  
net: "host"
```

---

## 22.pid

跟主机系统共享进程命名空间。打开该选项的容器之间，以及容器和宿主机系统之间可以通过进程ID来相互访问和操作：

---

```
pid: "host"
```

---

## 23.ports

暴露端口信息。

使用“宿主：容器”（如“HOST: CONTAINER”）格式，或者仅仅指定容器的端口（宿主将会随机选择端口）：

---

```
ports:  
  - "3000"  
  - "8000:8000"  
  - "49100:22"  
  - "127.0.0.1:8001:8001"
```

---



注意

当使用"HOST: CONTAINER"格式来映射端口时，如果你使用的容器端口小于60并且没放到引号里，可能会得到错误结果，因为YAML会自动解析xx: yy这种数字格式为60进制。为避免出现这种问题，建议数字串都采用引号包括起来的字符串格式。

## 24.security\_opt

指定容器模板标签（label）机制的默认属性（用户、角色、类型、级别等）。例如，配置标签的用户名和角色名：

---

```
security_opt:
- label:user:USER
- label:role:ROLE
```

---

## 25.ulimits

指定容器的ulimits限制值。例如，指定最大进程数为65535，指定文件句柄数为20000（软限制，应用可以随时修改，不能超过硬限制）和40000（系统硬限制，只能root用户提高）。

---

```
ulimits:
  nproc: 65535
  nofile:
    soft: 20000
    hard: 40000
```

---

## 26.volumes

数据卷所挂载路径设置。可以设置宿主机路径（HOST: CONTAINER）或加上访问模式（HOST: CONTAINER: ro）。该指令中路径支持相对路径。例如：

---

```
volumes:
- /var/lib/mysql
- cache:/tmp/cache
- ~/configs:/etc/configs/:ro
```

---

## 27.volumes\_driver

较新版本的Docker支持数据卷的插件驱动。用户可以先使用第三方驱动创建一个数据卷，然后使用名称来访问它。此时，可以通过volumes\_driver来指定驱动：

---

```
volume_driver: mydriver
```

---

## 28.volumes\_from

从另一个服务或容器挂载它的数据卷：

```
volumes_from:  
- service_name  
- container_name
```

## 29.其他指令

此外，还有包括cpu\_shares、cpuset、domainname、entrypoint、hostname、ipc、mac\_address、mem\_limit、memswap\_limit、privileged、read\_only、restart、stdin\_open、tty、user、working\_dir等指令，基本跟docker-run中对应参数的功能一致。

例如，指定使用CPU核0和核1，只用50%的CPU资源：

```
cpu_shares: 73  
cpuset: 0,1
```

指定服务容器启动后执行的命令：

```
entrypoint: /code/entrypoint.sh
```

指定容器中运行应用的用户名：

```
user: nginx
```

指定容器中工作目录：

```
working_dir: /code
```

指定容器中搜索域名、主机名、mac地址等：

```
domainname: your_website.com  
hostname: test  
mac_address: 08-00-27-00-0C-0A
```

指定容器：



```
ipc: host
```

指定容器中内存和内存交换区限制都为1G:

```
mem_limit: 1g  
memswap_limit: 1g
```

允许容器中运行一些特权命令:

```
privileged: true
```

指定容器退出后的重启策略为始终重启。该命令对保持服务始终运行十分有效，在生产环境中推荐配置为always或者unless-stopped:

```
restart: always
```

以只读模式挂载容器的root文件系统，意味着不能对容器内容进行修改:

```
read_only: true
```

打开标准输入，可以接受外部输入:

```
stdin_open: true
```

模拟一个假的远程控制台:

```
tty: true
```

### 30.读取环境变量

从1.5.0版本开始，Compose模板文件支持动态读取主机的系统环境变量。

例如，下面的Compose文件将从运行它的环境中读取变量\${MONGO\_VERSION}的值，并将其写入执行的指令中:

---

```
db:
  image: "mongo:${MONGO_VERSION}"
```

---

如果执行MONGO\_VERSION=3.0 docker-compose up则会启动一个mongo: 3.2镜像的容器；如果执行MONGO\_VERSION=2.8 docker-compose up则会启动一个mongo: 2.8镜像的容器。

## 24.6 Compose应用案例一：Web负载均衡

负载均衡器+Web应用是十分经典的应用结构。下面，笔者将创建一个该结构的Web项目：将Haproxy作为负载均衡器，后端挂载三个Web容器。

首先创建一个haproxy\_web目录，作为项目工作目录，并在其中分别创建两个子目录：web和haproxy。

### 1.web子目录

在web子目录下将放置所需Web应用代码和Dockerfile，下面将生成需要的Web镜像。

这里用Python程序来实现一个简单的Web应用，该应用能响应HTTP请求，返回的页面将打印出访问者的IP和响应请求的后端容器的IP。

#### (1) index.py

编写一个index.py作为服务器文件，代码为：

---

```
#!/usr/bin/python
#authors: yeasy.github.com
#date: 2013-07-05
import sys
import BaseHTTPServer
from SimpleHTTPServer import SimpleHTTPRequestHandler
import socket
import fcntl
import struct
import pickle
from datetime import datetime
from collections import OrderedDict
class HandlerClass(SimpleHTTPRequestHandler):
    def get_ip_address(self, ifname):
        s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
        return socket.inet_ntoa(fcntl.ioctl(
            s.fileno(),
            0x8915, # SIOCGIFADDR
            struct.pack('256s', ifname[:15])
        )[20:24])
    def log_message(self, format, *args):
        if len(args) < 3 or "200" not in args[1]:
            return
        try:
            request = pickle.load(open("pickle_data.txt", "r"))
        except:
            request=OrderedDict()
            time_now = datetime.now()
            ts = time_now.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
            server = self.get_ip_address('eth0')
            host=self.address_string()
            addr_pair = (host,server)
            if addr_pair not in request:
                request[addr_pair]=[1,ts]
            else:
                num = request[addr_pair][0]+1
                del request[addr_pair]
```

```

        request[addr_pair]=[num,ts]
    file=open("index.html", "w")
    file.write("<!DOCTYPE html> <html> <body><center><h1><font color=\"blue\">
    face=\"Georgia, Arial\" size=8><em>HA</em></font> Webpage Visit
    Results</h1></center>");
    for pair in request:
        if pair[0] == host:
            guest = "LOCAL: "+pair[0]
        else:
            guest = pair[0]
        if (time_now-datetime.strptime(request[pair][1], '%Y-%m-%d %H:%M:%S'))
            .seconds < 3:
            file.write("<p style=\"font-size:150%\" >#"+ str(request[pair]
            [1]) +": <font color=\"red\">"+str(request[pair][0])+ "</
            font> requests " + "from &lt;font color=\"blue\">"+guest+"
            </font>&gt; to WebServer &lt;font color=\"blue\">"+pair[1]+
            </font>&gt;</p>")
        else:
            file.write("<p style=\"font-size:150%\" >#"+ str(request[pair]
            [1]) +": <font color=\"maroon\">"+str(request[pair][0])+
            "</font> requests " + "from &lt;font color=\"navy\">"+guest+
            "</font>&gt; to WebServer &lt;font color=\"navy\">"+pair[1]+
            "</font>&gt;</p>")
    file.write("</body> </html>");
    file.close()
    pickle.dump(request,open("pickle_data.txt","w"))
if __name__ == '__main__':
    try:
        ServerClass = BaseHTTPServer.HTTPServer
        Protocol = "HTTP/1.0"
        addr = len(sys.argv) < 2 and "0.0.0.0" or sys.argv[1]
        port = len(sys.argv) < 3 and 80 or int(sys.argv[2])
        HandlerClass.protocol_version = Protocol
        httpd = ServerClass((addr, port), HandlerClass)
        sa = httpd.socket.getsockname()
        print "Serving HTTP on", sa[0], "port", sa[1], "..."
        httpd.serve_forever()
    except:
        exit()

```

---

## (2) index.html

生成一个临时的index.html文件，其内容会由index.py来更新：

---

```
$ touch index.html
```

---

## (3) Dockerfile

生成一个Dockerfile，部署该Web应用，内容为：

---

```

FROM python:2.7
WORKDIR /code
ADD . /code
EXPOSE 80
CMD python index.py

```

---

## 2.haproxy子目录

该目录将配置haproxy镜像。

在其中生成一个haproxy.cfg文件，内容为：

---

```
global
```

```
log 127.0.0.1 local0
log 127.0.0.1 local1 notice
maxconn 4096
defaults
log global
mode http
option httplog
option dontlognull
timeout connect 5000ms
timeout client 50000ms
timeout server 50000ms
listen stats
bind 0.0.0.0:70
mode http
stats enable
stats hide-version
stats scope .
stats realm Haproxy\ Statistics
stats uri /
stats auth user:pass
frontend balancer
bind 0.0.0.0:80
mode http
default_backend web_backends
backend web_backends
mode http
option forwardfor
balance roundrobin
server weba weba:80 check
server webb webb:80 check
server webc webc:80 check
option httpchk GET /
http-check expect status 200
```

---

### 3.docker-compose.yml文件

在haproxy\_web目录下编写一个docker-compose.yml文件，该文件是Compose使用的主模板文件。其中，指定启动3个Web容器（weba、webb、webc），以及1个Haproxy容器：

---

```
# This will start a haproxy and three web services. haproxy will act as a
loadbalancer.
# Authors: yeasy.github.com
# Date: 2015-11-15
weba:
  build: ./web
  expose:
    - 80
webb:
  build: ./web
  expose:
    - 80
webc:
  build: ./web
  expose:
    - 80
haproxy:
  image: haproxy:1.6
  volumes:
    - ./haproxy:/haproxy-override
    - ./haproxy/haproxy.cfg:/usr/local/etc/haproxy/haproxy.cfg:ro
  links:
    - weba
    - webb
    - webc
  ports:
    - "80:80"
    - "70:70"
```

---

### 4.运行compose项目

现在haproxy\_web目录应该长成下面的样子：

---

```
haproxy_web | docker-compose.yml | haproxy | haproxy.cfg | web
├─ Dockerfile
├─ index.html
└─ index.py
```

在该目录下执行`sudo docker-compose up`命令，控制台会整合显示出所有容器的输出信息：

```
$ sudo docker-compose up
Recreating haproxyweb_webb_1...
Recreating haproxyweb_webc_1...
Recreating composehaproxyweb_weba_1...
Recreating composehaproxyweb_haproxy_1...
Attaching to composehaproxyweb_webb_1, composehaproxyweb_webc_1, composehaproxyweb_
weba_1, composehaproxyweb_haproxy_1
```

此时通过浏览器访问本地的80端口，会获取到页面信息，如图24-1所示。



图24-1 访问页面信息

经过Haproxy自动转发到后端的某个Web容器上，刷新页面，可以观察到访问的容器地址的变化。

访问本地70端口，可以查看到Haproxy的统计信息，如图24-2所示。

查看本地的镜像，会发现Compose自动创建的haproxyweb\_weba、haproxyweb\_webb、haproxyweb\_webc镜像：

```
$ docker images
REPOSITORY          TAG          IMAGE ID      CREATED        VIRTUAL SIZE
haproxyweb_webb     latest      33d5e6f5e20b 44 minutes ago 675.2 MB
haproxyweb_weba     latest      33d5e6f5e20b 44 minutes ago 675.2 MB
haproxyweb_webc     latest      33d5e6f5e20b 44 minutes ago 675.2 MB
```

当然，还可以进一步使用Consul等方案来实现服务自动发现，这样就可以不用手动指定后端的web容器了，更为灵活。

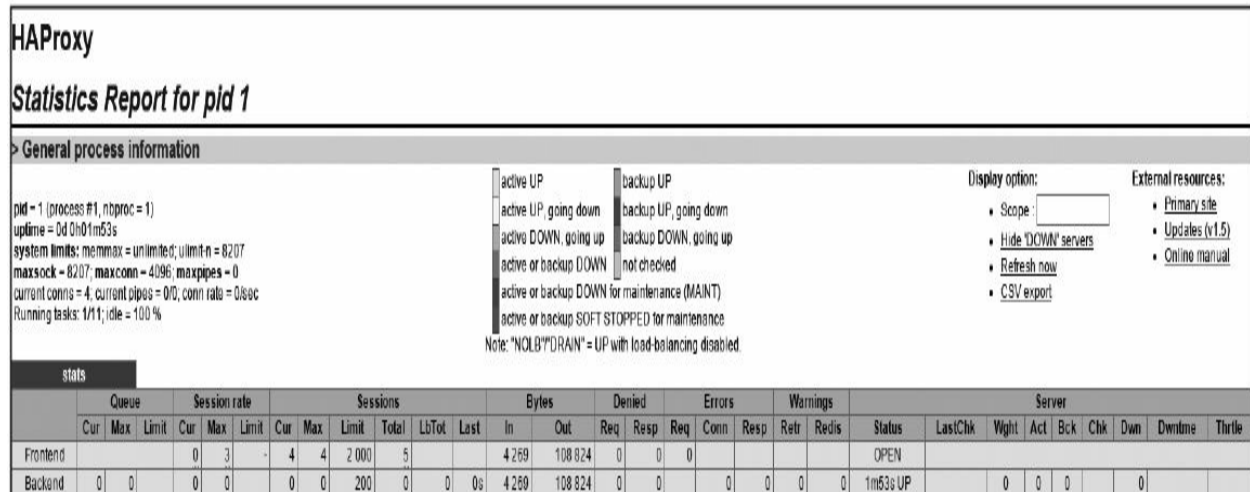


图24-2 访问haproxy的统计信息

## 24.7 Compose应用案例二：大数据Spark集群

### 1.简介

Spark是Berkeley开发的分布式计算的框架，相对于Hadoop来说，Spark可以缓存中间结果到内存从而提高某些需要迭代的计算场景的效率，目前受到广泛关注。

熟悉Hadoop的读者会比较轻松，Spark很多设计理念和用法都跟Hadoop保持一致和相似，并且在使用上完全兼容HDFS。但是Spark的安装并不容易，依赖包括Java、Scala、HDFS等。

通过使用Docker Compose，可以快速地在本地搭建一套Spark环境，方便大家开发Spark应用，或者扩展到生产环境。

### 2.准备工作

这里，我们采用比较热门的sequenceiq/docker-spark镜像，这个镜像已经安装了对Spark的完整依赖。由于镜像比较大（超过2GB），推荐先下载镜像到本地：

---

```
$ docker pull sequenceiq/spark:1.4.0
```

---

#### （1）docker-compose.yml文件

首先新建一个spark\_cluster目录，并在其中创建一个docker-compose.yml文件。文件内容如下：

---

```
master:
  image: sequenceiq/spark:1.4.0
  hostname: master
  ports:
    - "4040:4040"
    - "8042:8042"
    - "7077:7077"
    - "8088:8088"
    - "8080:8080"
  restart: always
  #mem_limit: 1024m
  command: bash /usr/local/spark/sbin/start-master.sh && ping localhost > /dev/null
worker:
  image: sequenceiq/spark:1.4.0
  links:
    - master:master
  expose:
    - "8081"
  restart: always
  command: bash /usr/local/spark/sbin/start-slave.sh spark://master:7077 &&
    ping localhost >/dev/null
```

---



---

`docker-compose.yml`中定义了两类型的服务：`master`和`slave`。`master`类型的服务容器将负责管理操作，`worker`则负责具体处理。

## （2）`master`服务

`master`服务映射了好几组端口到本地，端口的功能如下：

- 4040: Spark运行任务时候提供Web界面观察任务的具体执行情况，包括执行到哪个阶段、在哪个`executor`上执行；

- 8042: Hadoop的节点管理界面；

- 7077: Spark主节点的监听端口，用户可以提交应用到这个端口，`worker`节点也可以通过这个端口连接到主节点构成集群；

- 8080: Spark的监控界面，可以看到所有`worker`、应用的整体信息；

- 8088: Hadoop集群的整体监控界面。

## （3）`worker`服务

类似于`master`节点，启动后，执行`/usr/local/spark/sbin/start-slave.sh spark: //master: 7077`命令来配置自己为`worker`节点，然后通过`ping`来避免容器退出。

注意，启动脚本后面需要提供`spark: //master: 7077`参数来指定`master`节点地址。

8081端口提供的Web界面，可以看到该`worker`节点上任务的具体执行情况，如图24-3所示。

 <b>Spark Worker at 172.17.0.47:52698</b>					
ID: worker-20150922015607-172.17.0.47-52698					
Master URL: spark://master:7077					
Cores: 8 (0 Used)					
Memory: 14.7 GB (0.0 B Used)					
<a href="#">Back to Master</a>					
<b>Running Executors (0)</b>					
ExecutorID	Cores	State	Memory	Job Details	Logs
<b>Finished Executors (2)</b>					
ExecutorID	Cores	State	Memory	Job Details	Logs
0	8	KILLED	512.0 MB	ID: app-20150922020714-0000 Name: Spark shell User: root	stdout stderr
0	8	KILLED	512.0 MB	ID: app-20150922021413-0001 Name: Spark Pi User: root	stdout stderr

图24-3 查看任务的执行情况

### 3.启动集群

在spark\_cluster目录下执行启动命令：

```
$ docker-compose up
```

docker-compose服务运行起来后，我们还可以用scale命令来动态扩展Spark的worker节点数，例如：

```
$ docker-compose scale worker=2
Creating and starting 2... done
```

### 4.执行应用

Spark推荐用spark-submit命令来提交执行的命令，基本语法为：

```
spark-submit \
  --class your-class-name \
  --master master_url \
  your-jar-file
app_params
```


例如，我们可以使用Spark自带样例中计算Pi的应用。

在master节点上执行如下命令：

```
/usr/local/spark/bin/spark-submit --master spark://master:7077 --conf "spark.
eventLog.enabled=true" --class org.apache.spark.examples.SparkPi /usr/local/
spark/lib/spark-examples-1.4.0-hadoop2.6.0.jar 1000
```

最后的参数1000表示要计算的迭代次数为1000次。

任务运行中，可以用浏览器访问4040端口，看到任务被分配到了两个worker节点上执行，如图24-4所示。



1.4.0

Jobs

Stages

Storage

Environment

Executors

Spark Pi application U

Executors (3)

Memory: 0.0 B Used (796.2 MB Total)

Disk: 0.0 B Used

Executor ID	Address	RDD Blocks	Memory Used	Disk Used	Active Tasks	Failed Tasks	Complete Tasks	Total Tasks	Task Time	Input	Shuffle Read	Shuffle Write	Logs	Thread Dump
0	172.17.0.47:52096	0	0.0 B / 265.4 MB	0.0 B	8	0	46	54	31.9 s	0.0 B	0.0 B	0.0 B	stdout stderr	Thread Dump
1	172.17.0.49:55494	0	0.0 B / 265.4 MB	0.0 B	8	0	61	69	33.6 s	0.0 B	0.0 B	0.0 B	stdout stderr	Thread Dump
driver	172.17.0.46:35519	0	0.0 B / 265.4 MB	0.0 B	0	0	0	0	0 ms	0.0 B	0.0 B	0.0 B		Thread Dump

图24-4 执行应用

## 24.8 本章小结

本章介绍了Docker的官方工具Compose的安装和使用情况，并结合两个具体案例展示Compose带来的编排能力。

通过Compose，用户可以编写和分发一个简单的模板文件，快速地创建一套基于Docker容器的服务栈。在Docker三剑客中，Compose掌管运行时的编排能力，位置十分关键。

推荐读者在日常工作中注意使用Compose来编写服务模板，并注意对常见工具栈的模板文件进行积累。

## 第25章 Docker三剑客之Docker Swarm

Docker Swarm是Docker官方的三剑客项目之一，提供Docker容器集群服务，是Docker官方对容器云生态进行支持的核心方案。使用它，用户可以将多个Docker主机封装为单个大型的虚拟Docker主机，快速打造一套容器云平台。

本章将介绍Swarm项目的相关情况，以及如何进行安装和使用，最后将对Swarm的服务发现后端、调度器和过滤器等功能进行讲解。

## 25.1 简介

Docker Swarm是Docker公司推出的官方容器集群平台，基于Go语言实现，代码开源在<https://github.com/docker/swarm>。目前，包括Rackspace在内的许多平台都采用了Swarm，用户也很容易在AWS等公有云平台使用Swarm。

docker

# SWARM



Swarm的前身是Beam项目和libswarm项目，首个正式版本（Swarm V1）在2014年12月初发布。为了提高可扩展性，2016年2月对架构进行重新设计，推出了V2版本，支持超过1千个节点。最新的Docker Engine已经集成了Swarm Kit，加强了对Swarm的协作支持。

作为容器集群管理器，Swarm最大的优势之一就是100%支持标准的Docker API。各种基于标准API的工具，如Compose、docker-py，各种管理软件，甚至Docker本身等都可以很容易地与Swarm进行集成。这大大方便了用户将原先基于单节点的系统移植到Swarm上。同时Swarm内置了对Docker网络插件的支持，用户可以很容易地部署跨主机的容器集群服务。

Swarm V1的结构图如图25-1所示。可以看出，Swarm是典型的master-slave结构，通过发现服务来选举manager。manager是中心管理节点，各个node上运行agent接受manager的统一管理。



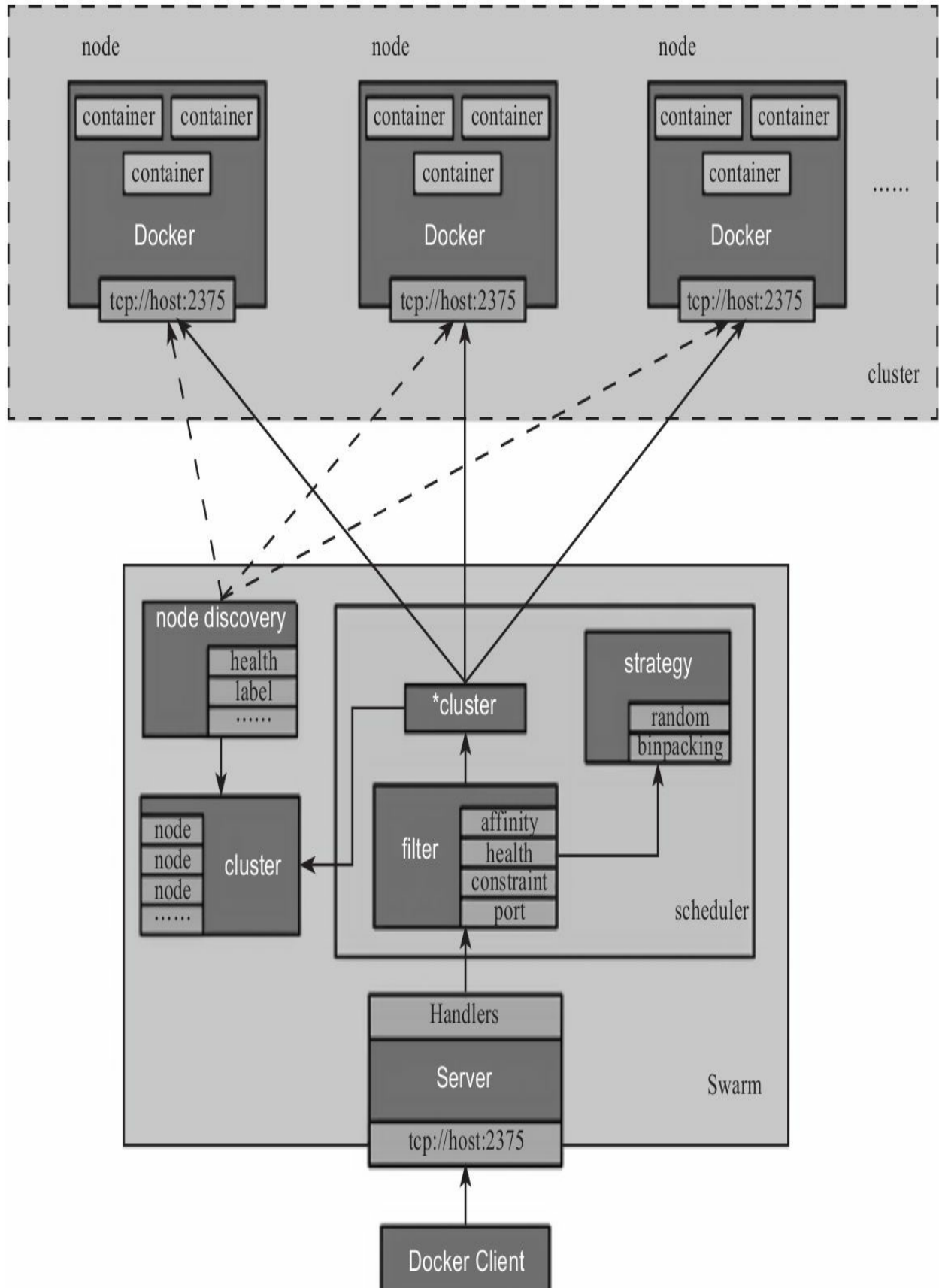


图25-1 Swarm基本结构图

在V2中，集群会自动通过Raft协议分布式选举出manager节点，无需额外的发现服务支持，避免了单点瓶颈。同时，V2中内置了基于DNS的负载均衡和对外部负载均衡机制的集成支持。

目前，Swarm V1支持的Docker版本为1.6.0+，V2支持的Docker版本为1.12.0+。本章将以Swarm V1为主进行介绍，并结合V2的部分最新特性进行讲解。

## 25.2 安装Swarm

安装Swarm有几种方式，可以基于Docker Machine进行安装，也可以手动配置。为了能更容易理解Swarm的组件和更灵活地进行管理，推荐使用手动配置方式。

对于Docker 1.12+版本，Swarm相关命令已经原生嵌入到了Docker Engine中，对于较低版本的Docker，需要额外进行配置。

### 1. 下载镜像

Docker官方已经提供了Swarm镜像，需要在所有被Swarm管理的Docker主机上下载该镜像：

---

```
$ docker pull swarm
```

---

可以使用下面的命令来查看Swarm版本，验证是否成功下载Swarm镜像：

---

```
$ docker run --rm swarm -v
swarm version 1.2.2 (34e3da3)
```

---

### 2. 配置节点

Docker主机在加入Swarm集群前，需要进行一些简单配置，添加Docker daemon的网络监听。例如，在启动Docker daemon的时候通过-H参数：

---

```
$ sudo docker daemon -H tcp://0.0.0.0:2375 -H unix:///var/run/docker.sock
```

---



注意

Docker 1.8.0前的版本不支持daemon命令，可以用-d代替。

如果是通过服务方式启动，则需要修改服务的配置文件。

以Ubuntu 14.04为例，配置文件为/etc/default/docker（其他版本的Linux上略有不同）。在文件的最后添加：

---

```
DOCKER_OPTS="$DOCKER_OPTS -H tcp://0.0.0.0:2375 -H unix:///var/run/docker.sock"
```

---

### 3.启动集群

Docker集群管理需要使用服务发现（Service Discover）功能，Swarm支持以下几种方式：Docker Hub、本地文件、Etcd、Consul、Zookeeper和手动指定节点IP地址信息等。

除了手动指定外，这些方法原理上都是通过维护一套数据库机制来管理集群中注册节点的Docker Daemon的访问信息。

本地配置集群推荐使用Consul作为服务发现后端。利用社区提供的Docker镜像，整个过程只需要三步即可完成。

#### （1）启动Consul服务后端

启动Consul服务容器，映射到主机的8500端口：

---

```
$ docker run -d -p 8500:8500 --name=consul progrium/consul -server -bootstrap
```

---

获取到本地主机的地址作为consul的服务地址：<consul\_ip>:8500。

#### （2）启动管理节点

首先启动一个主管理节点，映射到主机的4000端口，并获取所在主机地址为<manager0\_ip>。其中4000端口是Swarm管理器的默认监听端口，用户也可以指定映射为其他端口：

---

```
$ docker run -d -p 4000:4000 swarm manage -H :4000 --replication --advertise  
<manager0_ip>:4000 consul://<consul_ip>:8500
```

---

为了提高可用性，也可以启动从管理节点。假定获取所在主机地址为<manager1\_ip>：

---

```
$ docker run -d swarm manage -H :4000 --replication --advertise <manager1_ip>:4000 consul://<consul_ip>:8500
```

---

### (3) 启动工作节点

需要在每个工作节点上启动agent服务。获取节点的主机地址为<node\_ip>，并指定前面获取到的consul服务地址：

---

```
$ docker run -d swarm join --advertise=<node_ip>:2375 consul://<consul_ip>:8500
```

---

节点启动后，用户可以指定Docker服务地址为<manager0\_ip>:4000来测试各种Docker命令，可以看到整个Swarm集群就像一个虚拟的Docker主机一样正常工作。

由于Swarm实际上是通过agent调用了本地的Docker daemon来运行容器，当Swarm集群服务出现故障时，无法接受新的请求，但已经运行起来的容器将不会受到影响。

## 25.3 使用Swarm

前面演示了基于Consul服务发现后端来配置一个本地Swarm集群。其中，Consul也可以被替换为Etcd、ZooKeeper等。

另外一个更方便的方式是直接使用Docker Hub提供的免费服务发现后端。下面使用这种方式来演示Swarm的主要操作，包括：

- create: 创建一个集群；
- list: 列出集群中的节点；
- manage: 管理一个集群；
- join: 让节点加入到某个集群。

注意，使用Docker Hub的服务发现后端，需要各个节点能通过公网访问到Docker Hub的服务接口。

### 1.创建集群id

在任意一台安装了Swarm的机器上执行swarm create命令来在Docker Hub服务上进行注册。Swarm会通过服务发现后端（此处为Docker Hub提供）来获取一个唯一的由数字和字母组成的token，用来标识要管理的集群：

---

```
$ docker run --rm swarm create
946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365
```

---

注意返回的字符串，这是集群的唯一id，加入集群的各个节点将需要这个信息。

### 2.配置集群节点

在所有要加入集群的普通节点上执行swarm join命令，表示把这台机器加入指定集群当中。例如，某台机器的IP地址为192.168.0.2，将其加入我们刚创建的946d65606-f7c2f49766e4dddac5b4365集群，则可以使

用如下命令：

---

```
$ docker run --rm swarm join --addr=192.168.0.2:2375 token://946d65606f7c2f49766e44ddac5b4365
time="2015-12-09T08:59:43Z" level=info msg="Registering on the discovery
service every 20s..." addr="192.168.0.2:2375" discovery="token://
946d65606f7c2f49766e44ddac5b4365"
...
```

---

其中，`--addr`指定的IP地址信息将被发送给服务发现后端，用以区分集群不同的节点。`manager`服务必须要通过这个地址可以访问到该节点。

通过控制台可以看到，上述命令执行后，默认每隔20秒（可以通过`--heartbeat`选项指定）会输出一条心跳信息。对于发现服务后端来说，默认如果超过60秒（可以通过`--ttl`选项指定）没有收到心跳信息，则将节点从列表中删除。

如果不希望看到输出日志信息，则可以用`-d`选项替换`--rm`选项，让服务后台执行。

执行`swarm join`命令实际上是通过agent把自己的信息注册到发现服务上，因此，此时对于后端的发现服务来说，已经可以看到有若干节点注册上来了。那么，如何管理和使用这些节点呢？这就得需要Swarm的`manager`服务了。

### 3.配置管理节点

配置管理节点需要使用`swarm manage`命令，该命令将启动`manager`服务，默认监听到2375端口，所有对集群的管理都可以通过该服务接口进行。

读者可能注意到，`manager`服务默认监听的端口跟Docker服务监听端口是一样的，这是为了兼容其他基于Docker的服务，可以无缝地切换到Swarm平台上来。

仍然在节点192.168.0.2进行操作。由于我们是采用Docker容器形式启动`manager`服务，本地的2375端口已经被Docker Daemon占用，我们将`manager`服务监听端口映射到本地一个空闲的12375端口：

---

```
$ docker run -d -p 12375:2375 swarm manage token://946d65606f7c2f49766e44ddac5b4365
```

---

```
1e1ca8c4117b6b7271efc693f9685b4e907d8dc95324350392b21e94b3cffd18
```

---

可以通过docker ps命令来查看启动的swarm manager服务容器：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE      COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS          NAMES
1e1ca8c4117b   swarm     "/swarm manage token:"   11 seconds ago Up 10 seconds
0.0.0.0:12375->2375/tcp   jovial_rosalind
```

---

命令如果执行成功会返回刚启动的Swarm容器的ID。此时一个简单的Swarm集群就已经搭建起来了，包括一个普通节点和一个管理节点。

#### 4.查看集群节点列表

集群启动成功以后，用户可以在任何一台节点上使用swarm list命令查看集群中的节点列表。例如：

---

```
$ docker run --rm swarm list token://946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365
192.168.0.2:2375
```

---

显示正是之前用swarm join命令加入集群的节点的地址。

我们在另外一个节点192.168.0.3上同样使用swarm join命令新加入一个节点：

---

```
$ docker run --rm swarm join --addr=192.168.0.3:2375 token://946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365
time="2015-12-10T02:05:34Z" level=info msg="Registering on the discovery service every 20s..." addr="192.168.0.3:2375" discovery="token://946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365"
...
```

---

再次使用swarm list命令查看集群中的节点列表信息，可以看到新加入的节点：

---

```
$ docker run --rm swarm list token://946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365
192.168.0.3:2375
192.168.0.2:2375
```

---

#### 5.使用集群服务

那么，怎么使用Swarm提供的服务呢？实际上，所有Docker客户端可以继续使用，只要指定使用Swarm manager服务的监听地址即可。



例如，manager服务监听的地址为192.168.0.2: 12375，则可以通过指定-H 192.168.0.2: 12375选项来继续使用Docker客户端，执行任意Docker命令，例如ps、info、run等。

在任意节点上使用docker run来启动若干容器，例如：

---

```
$docker -H 192.168.0.2:12375:12375 run -d ubuntu ping 127.0.0.1
4c9bccbf86fb6e2243da58c1b15e9378fac362783a663426bbe7058eea84de46
```

---

使用ps命令查看集群中正在运行的容器：

---

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED        STATUS        PORTS
NAMES
4c9bccbf86fb   buntu    "ping 127.0.0.1"        About a minute ago    Up About a minute
clever_wright
730061a3801a   registry:latest "docker-registry"      2 minutes ago    Up 2 minutes    192.168.0.2:5000->5000/tcp    Host-1/registry_registry_1
72d99f24a06f   redis:3.0 "entrypoint.sh redis"  2 minutes ago    Up 2 minutes    6379/tcp                  Host-1/registry_registry_1/redis,Host-1/registry_registry_1/redis_1,Host-1/registry_registry_1/registry_redis_1
```

---

输出结果中显示目前集群中正在运行的容器（注意不包括Swarm manager服务容器），可以在不同节点上使用docker ps查看本地容器，会发现这些容器实际上可能运行在集群中的多个节点上（由Swarm调度策略进行分配）。使用info查看所有节点的信息：

---

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 info
Containers: 18
Images: 36
Role: primary
Strategy: spread
Filters: health, port, dependency, affinity, constraint
Nodes: 2
  Host-1: 192.168.0.2:2375
    Containers: 15
    Reserved CPUs: 0 / 4
    Reserved Memory: 1 GiB / 4.053 GiB
    Labels: executiondriver=native-0.2, kernelversion=3.16.0-43-generic,
            operatingssystem=Ubuntu 14.04.3 LTS, storagedriver=aufs
  Host-2: 192.168.0.3:2375
    Containers: 3
    Reserved CPUs: 0 / 8
    Reserved Memory: 0 B / 16.46 GiB
    Labels: executiondriver=native-0.2, kernelversion=3.16.0-30-generic,
            operatingssystem=Ubuntu 14.04.3 LTS, storagedriver=aufs
CPUs: 12
Total Memory: 20.51 GiB
Name: 1e1ca8c4117b
```

---

结果输出显示这个集群目前只有两个节点，地址分别是192.168.0.2和192.168.0.3。

类似地，也可以通过Compose模板来启动多个服务。不过请注意，要想让服务分布到多个Swarm节点上，需要采用版本2的写法。

## 6.使用网络

为了支持跨主机的网络，Swarm默认采用了overlay网络类型，实现上通过vxlan来构建联通整个Swarm集群的网络。

首先在集群中的所有节点上添加配置Docker daemon选项：

```
--cluster-store=<DISCOVERY_HOST:PORT> --cluster-advertise=<DOCKER_DAEMON_HOST:PORT>
```

以consul服务为例，可能类似：

```
--cluster-store=consul:///consul服务地址:8500 --cluster-advertise=192.168.0.3:2375
```

之后重启Docker服务。首先创建一个网络：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 network create swarm_network
```

查看网络，将看到一个overlay类型的网络：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 network ls
NETWORK ID          NAME                DRIVER
6edf2d16ec97        swarm_network      overlay
```

此时，所有添加到这个网络上的容器将自动被分配到集群中的节点上，并且彼此联通。

## 25.4 使用其他服务发现后端

Swarm目前可以支持多种服务发现后端，这些后端在功能上都是一致的，即维护属于某个集群的节点信息。不同的方案并无优劣之分，在实际使用时，可以结合自身需求和环境限制进行选择，甚至自己定制其他方案。

使用中可以通过不同的路径来选择特定的服务发现后端机制：

·token://<token>：使用Docker Hub提供的服务，适用于可以访问公网的情况；

·file://path/to/file：使用本地文件，需要手动管理；

· consul://<ip>/<path>：使用Consul服务，私有环境推荐；

· etcd://<ip1>,<ip2>/<path>：使用Etcd服务，私有环境推荐；

· zk://<ip1>,<ip2>/<path>：使用ZooKeeper服务，私有环境推荐；

·[nodes://]<ip1>,<ip2>：手动指定集群中节点的地址，方便进行服务测试。

### 1.使用文件

使用本地文件的方式十分简单，就是将所有属于某个集群的节点的Docker daemon信息写入一个文件中，然后让manager从这个文件中直接读取相关信息。

首先，在Swarm管理节点（192.168.0.2）上新建一个文件，把要加入集群的机器的Docker daemon信息写入文件：

---

```
$ tee /tmp/cluster_info <<- 'EOF'
192.168.0.2:2375
192.168.0.3:2375
EOF
```

---

然后，本地执行swarm manage命令，并指定服务发现机制为本地文件。注意，因为是容器方式运行manager，需要将本地文件挂载到容器

内：

---

```
$ docker run -d -p 12375:2375 -v /tmp/cluster_info:/tmp/cluster_info swarm
manage file:///tmp/cluster_info
```

---

接下来就可以通过使用Swarm服务来进行管理了，例如使用info查看所有节点的信息：

---

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 info
Containers: 18
Images: 36
Role: primary
Strategy: spread
Filters: health, port, dependency, affinity, constraint
Nodes: 2
  Host-1: 192.168.0.2:2375
    Containers: 15
    Reserved CPUs: 0 / 4
    Reserved Memory: 1 GiB / 4.053 GiB
    Labels: executiondriver=native-0.2, kernelversion=3.16.0-43-generic,
            operatingsystem=Ubuntu 14.04.3 LTS, storagedriver=aufs
  Host-2: 192.168.0.3:2375
    Containers: 3
    Reserved CPUs: 0 / 8
    Reserved Memory: 0 B / 16.46 GiB
    Labels: executiondriver=native-0.2, kernelversion=3.16.0-30-generic,
            operatingsystem=Ubuntu 14.04.3 LTS, storagedriver=aufs
CPUs: 12
Total Memory: 20.51 GiB
Name: e71eb5f1d48b
```

---

## 2.其他发现服务后端

其他服务发现后端的使用方法也是大同小异，不同之处在于使用Swarm命令时指定的路径格式不同。

例如，对于前面介绍的Consul服务后端来说，快速部署一个Consul服务的命令为：

---

```
$ docker run -d -p 8500:8500 --name=consul progrium/consul -server -bootstrap
```

---

之后创建Swarm的管理服务，指定使用Consul服务，管理端口监听在本地的4000端口：

---

```
$ docker run -d -p 4000:4000 swarm manage -H :4000 --replication --advertise
<manager_ip>:4000 consul://<consul_ip>:8500
```

---

Swarm节点注册时的命令格式类似于：

---

```
$ swarm join --advertise=<node_ip:2375> consul://<consul_addr>/<optional path prefix>
```

---

---

对于Etcd服务后端来说，节点注册时的命令格式类似于：

---

```
$ swarm join --addr=<node_addr:2375> etcd:///<etcd_addr1>,<etcd_addr2>/<optional  
path prefix>
```

---

启动管理服务时，格式类似于：

---

```
$ swarm manage -H tcp:///<manager_ip>:4000 etcd:///<etcd_addr1>,<etcd_addr2>/  
<optional path prefix>
```

---

### 3.地址和端口的范围匹配

对于基于文件和手动指定节点信息两种服务发现后端机制来说，其中地址和端口域可以支持指定一个范围，以一次性指定多个地址。例如：

192.168.0.[2:10]:2375代表192.168.0.2:2375~192.168.0.10:2375一共9个地址；

192.168.0.2:[2:9]375代表192.168.0.2:2375~192.168.0.2:9375一共8个地址。

## 25.5 Swarm中的调度器

调度是集群十分重要的功能，Swarm目前支持三种调度策略：  
spread、binpack和random。

在执行swarm manage命令启动管理服务的时候，可以通过--strategy参数指定调度策略，默认的是spread。

简单来说，这三种调度策略的优化目标如下：

- spread: 如果节点配置相同，选择一个正在运行的容器数量最少的那个节点，即尽量平摊容器到各个节点；

- binpack: 跟spread相反，尽可能地把所有的容器放在一台节点上运行，即尽量少用节点，避免容器碎片化。

- random: 直接随机分配，不考虑集群中节点的状态，方便进行测试使用。

下面介绍前两种策略。

### 1.spread调度策略

仍然以之前创建好的集群为例，来演示spread策略的行为。

在192.168.0.2节点启动管理服务，管理  
token: //946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365的集群。

---

```
$ docker run -d -p 12375:2375 swarm manage --strategy "spread" token://946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365
c6f25e6e6abbe45c8bcf75ac674f2b64d5f31a5c6070d64ba954a0309b197930
```

---

列出集群中的节点：

---

```
$ docker run --rm swarm list token://946d65606f7c2f49766e4dddac5b4365
192.168.0.3:2375
192.168.0.2:2375
```

---

此时，两个节点上除了Swarm外都没有运行其他容器。启动一个

ubuntu容器：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d ubuntu:14.04 ping 127.0.0.1
bac3dfda5306181140fc959969d738549d607bc598390f57bdd432d86f16f069
```

查看发现它实际上被调度到了192.168.0.3节点（当节点配置相同时，初始节点随机选择）。

再次启动一个ubuntu容器：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d ubuntu:14.04 ping 127.0.0.1
8247067ba3a31e0cb692a8373405f95920a10389ce3c2a07091408281695281c
```

查看它的位置，发现被调度到了另外一个节点：192.168.0.2上：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED   STATUS    PORTS   NAMES
8247067ba3a3   ubuntu:14.04   "ping 127.0.0.1"   1 minutes ago   Up 1 minutes
Host-2/sick_galileo
bac3dfda5306   ubuntu:14.04   "ping 127.0.0.1"   2 minutes ago   Up 2 minutes
Host-3/compassionate_ritchie
```

当节点配置不同的时候，spread会更愿意分配到配置较高的节点上。

## 2.binpack调度策略

现在来看看binpack策略下的情况。直接启动若干ubuntu容器，并查看它们的位置：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d ubuntu:14.04 ping 127.0.0.1
$ docker -H 192.168.0.2:12375 ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND   CREATED   STATUS    PORTS   NAMES
4c4f45eba866   ubuntu:14.04   "ping 127.0.0.1"   3 minutes ago   Up 3 minutes
Host-3/hopeful_brown
5e650541233c   ubuntu:14.04   "ping 127.0.0.1"   3 minutes ago   Up 3 minutes
Host-3/pensive_wright
99c5a092530a   ubuntu:14.04   "ping 127.0.0.1"   3 minutes ago   Up 3 minutes
Host-3/naughty_engelbart
4ab392c26eb2   ubuntu:14.04   "ping 127.0.0.1"   3 minutes ago   Up 3 minutes
Host-3/thirsty_mclean
```

可以看到，所有的容器都是分布在同一个节点（192.168.0.3）上运行的。

## 25.6 Swarm中的过滤器

Swarm的调度器可以按照指定调度策略自动分配容器到节点，但有些时候希望能对这些分配加以干预。比如，让I/O敏感的容器分配到安装了SSD的节点上；让计算敏感的容器分配到CPU核数多的机器上；让网络敏感的容器分配到高带宽的机房；让某些容器尽量放同一个节点上，等等。

这可以通过过滤器（filter）来实现，目前支持五种过滤器：Constraint、Affinity、Port、Dependency、Health。下面介绍前两种过滤器。

### 1.Constraint过滤器

Constraint过滤器是绑定到节点的键值对，相当于给节点添加标签。可在启动Docker服务的时候指定，例如指定某个节点颜色为red：

---

```
$ sudo docker daemon --label color=red -H tcp://0.0.0.0:2375 -H unix:///var/run/docker.sock
```

---

同样，可以写在Docker服务的配置文件里面（以Ubuntu 14.04为例，是/etc/default/docker）：

---

```
DOCKER_OPTS="--label color=red -H 0.0.0.0:2375 -H unix:///var/run/docker.sock"
```

---

使用Swarm启动容器的时候，采用-e constraint: key=value的形式，可以过滤选择出匹配条件的节点。

例如，我们将192.168.0.2节点打上红色标签，192.168.0.3节点打上绿色标签。然后，分别启动两个容器，指定使用过滤器分别为红色和绿色：

---

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d -e constraint:color==red ubuntu:14.04 ping
127.0.0.1
252ffb48e64e9858c72241f5eedf6a3e4571b1ad926faf091db3e26672370f64
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d -e constraint:color==green ubuntu:14.04 ping
127.0.0.1
3d6f8d7af8583416b17061d038545240c9e5c3be7067935d3ef2fbddce4b8136
```

---





## 注意

指定标签中间是两个等号。

查看它们将被分配到指定节点上：

---

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED    STATUS    PORTS    NAMES
252ffb48e64e   ubuntu:14.04 "ping 127.0.0.1"        1 minutes ago Up 1 minutes
Host-2/sick_galileo
3d6f8d7af858   ubuntu:14.04 "ping 127.0.0.1"        2 minutes ago Up 2 minutes
Host-3/compassionate_ritchie
```

---

另外，Docker内置了一些常见的过滤器，包括node、storagedriver、executiondriver、kernelversion、operatingsystem等。这些值可以通过docker info命令查看。

例如，目前集群中各个节点的信息为：

---

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 info
Containers: 5
Images: 39
Role: primary
Strategy: spread
Filters: health, port, dependency, affinity, constraint
Nodes: 2
  Host-2: 192.168.0.2:2375
    Containers: 4
    Reserved CPUs: 0 / 4
    Reserved Memory: 1 GiB / 4.053 GiB
    Labels: color=red, executiondriver=native-0.2, kernelversion=3.16.0-43-generic,
            operatingsystem=Ubuntu 14.04.3 LTS, storagedriver=aufs
  Host-3: 192.168.0.3:2375
    Containers: 1
    Reserved CPUs: 0 / 8
    Reserved Memory: 0 B / 16.46 GiB
    Labels: color=green, executiondriver=native-0.2, kernelversion=3.16.0-30-generic,
            operatingsystem=Ubuntu 14.04.3 LTS, storagedriver=aufs
CPUs: 12
Total Memory: 20.51 GiB
Name: 946d65606f7c
```

---

## 2.Affinity过滤器

Affinity过滤器允许用户在启动一个容器的时候，让它分配到某个已有容器的节点上。

例如，下面我们将启动一个nginx容器，让它分配到已经运行某个ubuntu容器的节点上。

在Constraint过滤器的示例中，我们分别启动了两个ubuntu容器sick\_galileo和compassionate\_ritchie，分别在Host-2和Host-3上。

现在启动一个nginx容器，让它与容器sick\_galileo放在一起，都放到Host-2节点上。可以通过-e affinity: container==<name or id>参数来实现：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d -e affinity:container==sick_galileo nginx
```

然后启动一个redis容器，让它与容器compassionate\_ritchie放在一起，都放到Host-3节点上：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 run -d -e affinity:container==compassionate_ritchie redis
```

查看所有容器的运行情况，如下所示：

```
$ docker -H 192.168.0.2:12375 ps
```

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED	STATUS
0a32f15aa8ee	redis	"/entrypoint.sh redis"	2 seconds ago	
Up 1 seconds	6379/tcp		Host-3/awesome_darwin	
d2b9a53e67d5	nginx	"nginx -g 'daemon off'"	29 seconds ago	
Up 28 seconds	80/tcp, 443/tcp		Host-2/fervent_wilson	
252ffb48e64e	ubuntu:14.04	"ping 127.0.0.1"	2 minutes ago	
Up 2 minutes			Host-2/sick_galileo	
3d6f8d7af858	ubuntu:14.04	"ping 127.0.0.1"	3 minutes ago	
Up 3 minutes			Host-3/compassionate_ritchie	

### 3.其他过滤器

其他过滤器的使用方法也是大同小异，例如通过-e affinity: image==<name or id>来选择拥有指定镜像的节点，通过-e affinity: label\_name==value来选择拥有指定标签的容器所允许的节点。

此外，当容器端口需要映射到宿主机指定端口号的时候，Swarm也会自动将容器分配到指定宿主机端口可用的节点。

当不同容器之间存在数据卷或链接依赖的时候，Swarm会将这些容器分配到同一个节点上。

## 25.7 本章小结

本章介绍了Docker Swarm的安装、使用和主要功能。通过使用Swarm，用户可以将若干Docker主机节点组成的集群当作一个大的虚拟Docker主机使用。并且，原先基于单机的Docker应用可以无缝地迁移到Swarm上来。

实现这些功能的前提是服务自动发现能力。在现代分布式系统中，服务的自动发现、注册、更新等能力将成为系统的基本保障和重要基础。在生产环境中，Swarm的管理节点和发现服务后端要采用高可用性的保护，可以采用集群模式。

值得一提的是，Swarm V2功能已经被无缝嵌入到了Docker 1.12+版本中，用户今后可以直接使用Docker命令来完成相关功能的配置，这将使得集群功能的管理更加简便。

## 第26章 Mesos——优秀的集群资源调度平台

Mesos项目是源自UC Berkeley对集群资源进行抽象和管理的开源项目，类似于操作系统内核，用户可以使用它很容易地实现分布式应用的自动化调度。同时，Mesos自身也很好地结合了Docker等相关容器技术，基于Mesos已有的大量应用框架，可以实现用户应用的快速上线。

本章将介绍Mesos项目的安装、使用、配置以及核心的原理知识。

## 26.1 简介

Mesos最初由UC Berkeley的AMP实验室于2009年发起，遵循Apache协议，目前已经成立了Mesosphere公司进行运营。Mesos可以将整个数据中心的资源（包括CPU、内存、存储、网络等）进行抽象和调度，使得多个应用同时运行在集群中分享资源，并无需关心资源的物理分布情况。

如果把数据中心中的集群资源看做一台服务器，那么Mesos要做的事情，其实就是今天操作系统内核的职责：“抽象资源+调度任务”。

Mesos项目主要由C++语言编写，项目官方地址为<http://mesos.apache.org>，代码仍在快速演化中，已经发布了正式版1.0.0版本。

Mesos拥有许多引人注目的特性，包括：

- 支持数万个节点的大规模场景（Apple、Twitter、eBay等公司的实践）。
- 支持多种应用框架，包括Marathon、Singularity、Aurora等。
- 支持HA（基于ZooKeeper实现）。
- 支持Docker、LXC等容器机制进行任务隔离。
- 提供了多个流行语言的API，包括Python、Java、C++等。
- 自带了简洁易用的WebUI，方便用户直接进行操作。

值得注意的是，Mesos自身只是一个资源抽象的平台，要使用它往往需要结合运行其上的分布式应用（在Mesos中被称作框架，framework），比如Hadoop、Spark、Marathon、Elasticsearch等大部分时候，用户只需要跟这些框架打交道即可，完全无需关心底下的资源调度情况，因为Mesos已经自动帮你实现了。这大大方便了上层应用的开发和运维。

当然，用户也可以基于**Mesos**打造自己的分布式应用框架。

## 26.2 Mesos安装与使用

以Mesos结合Marathon应用框架为例，看一下如何快速搭建一套Mesos平台。

Marathon是可以跟Mesos一起协作的一个framework，基于Scala实现，可以实现保持应用的持续运行。

另外，Mesos默认利用ZooKeeper来进行多个主节点之间的选举，以及从节点发现主节点的过程。一般在生产环境中，需要启动多个Mesos master服务（推荐3或5个），并且推荐使用supervisord等进程管理器来自动保持服务的运行。

ZooKeeper是一个分布式集群中信息同步的工具，通过自动在多个节点中选举leader，保障多个节点之间的某些信息保持一致性。

### 1.安装

安装时主要需要mesos、zookeeper和marathon三个软件包。

Mesos也采用了经典的“主-从”结构，一般包括若干主节点和大量从节点。其中，mesos master服务和zookeeper需要部署到所有的主节点，mesos slave服务需要部署到所有从节点。marathon可以部署到主节点。

安装可以通过源码编译、软件源或者Docker镜像方式进行，下面分别进行介绍。

#### （1）源码编译方式

源码编译方式可以保障获取到最新版本，但编译过程比较费时间。

首先，从[apache.org](https://github.com/apache/mesos)开源网站下载最新的源码：

---

```
$ git clone https://git-wip-us.apache.org/repos/asf/mesos.git
```

---

其中，主要代码在src目录下，应用框架代码在frameworks目录下，文档在docs目录下，include中包括了跟Mesos打交道使用的一些API定义

头文件。

安装依赖主要包括Java运行环境、Linux上的自动编译环境等：

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get install -y openjdk-8-jdk autoconf libtool \
build-essential python-dev python-boto libcurl4-nss-dev \
libsasl2-dev maven libapr1-dev libsvn-dev
```

后面就是常规C++项目的方法，配置之后利用Makefile进行编译和安装：

```
$ cd mesos
$ ./bootstrap
$ mkdir build
$ cd build && ../configure --with-network-isolator
$ make
$ make check && sudo make install
```

## （2）软件源安装方式

通过软件源方式进行安装相对会省时间，但往往不是最新版本。

这里以Ubuntu系统为例，首先添加软件源地址：

```
$ sudo apt-key adv --keyserver keyserver.ubuntu.com --recv E56151BF
$ DISTR0=$(lsb_release -is | tr '[:upper:]' '[:lower:]')
$ CODENAME=$(lsb_release -cs)
$ echo "deb http://repos.mesosphere.io/${DISTR0} ${CODENAME} main" | \
sudo tee /etc/apt/sources.list.d/mesosphere.list
```

刷新本地软件仓库信息并安装zookeeper、mesos、marathon三个软件包：

```
$ sudo apt-get -y update && sudo apt-get -y install zookeeper mesos marathon
```

注意，Marathon最新版本需要jdk 1.8+的支持。如果系统中有多多个Java版本，需要检查配置默认的JDK版本符合要求：

```
$ sudo update-alternatives --config java
```

安装Mesos成功后，会在/usr/sbin/下面发现mesos-master和mesos-slave两个二进制文件，分别对应主节点上需要运行的管理服务和从节点



上需要运行的任务服务。

用户可以手动运行二进制文件启动服务，也可以通过service命令来方便进行管理。

例如，在主节点上重启mesos管理服务：

---

```
$ sudo service mesos-master restart
```

---

通过service命令来管理，实际上是通过调用/usr/bin/mesos-init-wrapper脚本文件进行处理。

### （3）基于Docker的方式

需要如下三个镜像。

·ZooKeeper: <https://registry.hub.docker.com/u/garland/zookeeper/>。

·Mesos: <https://registry.hub.docker.com/u/garland/mesosphere-docker-mesos-master/>。

·Marathon: <https://registry.hub.docker.com/u/garland/mesosphere-docker-marathon/>。

其中mesos-master镜像在后面将分别作为master和slave角色进行使用。

首先，拉取三个镜像：

---

```
$ docker pull garland/zookeeper
$ docker pull garland/mesosphere-docker-mesos-master
$ docker pull garland/mesosphere-docker-marathon
```

---

导出主节点机器的地址到环境变量：

---

```
$ HOST_IP=10.0.0.2
```

---

在主节点上启动zookeepr容器：

---

```
docker run -d \
-p 2181:2181 \
-p 2888:2888 \
-p 3888:3888 \
garland/zookeeper
```

---

在主节点上启动mesos-master服务容器:

---

```
docker run --net="host" \
-p 5050:5050 \
-e "MESOS_HOSTNAME=${HOST_IP}" \
-e "MESOS_IP=${HOST_IP}" \
-e "MESOS_ZK=zk://${HOST_IP}:2181/mesos" \
-e "MESOS_PORT=5050" \
-e "MESOS_LOG_DIR=/var/log/mesos" \
-e "MESOS_QUORUM=1" \
-e "MESOS_REGISTRY=in_memory" \
-e "MESOS_WORK_DIR=/var/lib/mesos" \
-d \
garland/mesosphere-docker-mesos-master
```

---

在主节点上启动Marathon:

---

```
docker run \
-d \
-p 8080:8080 \
garland/mesosphere-docker-marathon --master zk://${HOST_IP}:2181/mesos --zk
zk://${HOST_IP}:2181/marathon
```

---

在从节点上启动mesos slave容器:

---

```
docker run -d \
--name mesos_slave_1 \
--entrypoint="mesos-slave" \
-e "MESOS_MASTER=zk://${HOST_IP}:2181/mesos" \
-e "MESOS_LOG_DIR=/var/log/mesos" \
-e "MESOS_LOGGING_LEVEL=INFO" \
garland/mesosphere-docker-mesos-master:latest
```

---

接下来, 可以通过访问本地8080端口来使用Marathon启动任务了。

## 2.配置说明

下面以本地通过软件源方式安装为例, 解释如何修改各个配置文件。

### (1) ZooKeeper

ZooKeeper是一个分布式应用的协调工具, 用来管理多个主节点的选举和冗余, 监听在2181端口, 推荐至少布置三个主节点来由ZooKeeper维护。

配置文件默认都在/etc/zookeeper/conf/目录下。比较关键的配置文件有两个：myid和zoo.cfg。myid文件会记录加入ZooKeeper集群的节点的序号（1~255之间）。

/var/lib/zookeeper/myid文件其实也是软连接到了该文件。

比如配置某节点序号为1，则需要在该节点上执行：

---

```
$ echo 1 | sudo dd of=/etc/zookeeper/conf/myid
```

---

节点序号在ZooKeeper集群中必须唯一，不能出现多个拥有相同序号的节点。

另外，需要修改zoo.cfg文件，该文件是主配置文件，主要需要添加上加入ZooKeeper集群中机器的序号和对应监听地址。

例如，现在ZooKeeper集群中有三个节点，地址分别为10.0.0.2、10.0.0.3、10.0.0.4，序号分别配置为2、3、4。则配置如下的三行：

---

```
server.2=10.0.0.2:2888:3888
server.3=10.0.0.3:2888:3888
server.4=10.0.0.4:2888:3888
```

---

其中第一个端口2888负责从节点连接到主节点；第二个端口3888则负责主节点进行选举时候通信。

也可以用主机名形式，则需要各个节点/etc/hosts文件中都记录地址到主机名对应的映射关系。

完成配置后，启动ZooKeeper服务：

---

```
$ sudo service zookeeper start
```

---

## （2）Mesos

Mesos的默认配置目录有三个：

·/etc/mesos/：主节点和从节点都会读取的配置文件，最关键的是zk

文件存放主节点的信息；

`·/etc/mesos-master/`：只有主节点会读取的配置，等价于启动mesos-master命令时候的默认选项；

`·/etc/mesos-slave/`：只有从节点会读取的配置，等价于启动mesos-master命令时候的默认选项。

最关键的是需要在所有节点上修改/etc/mesos/zk，写入主节点集群的ZooKeeper地址列表，例如：

---

```
zk://10.0.0.2:2181,10.0.0.3:2181,10.0.0.4:2181/mesos
```

---

此外，/etc/default/mesos、/etc/default/mesos-master、/etc/default/mesos-slave这三个文件中可以存放一些环境变量定义，Mesos服务启动之前，会将这些环境变量导入作为启动参数。格式为MESOS\_OPTION\_NAME。

下面分别说明在主节点和从节点上的配置。

**主节点配置：**一般只需要关注/etc/mesos-master/目录下的文件。默认情况目录下为空。

该目录下文件命名和内容需要跟mesos-master支持的命令行选项一一对应。可以通过mesos-master--help命令查看支持的选项。

例如某个文件key中内容为value，则在mesos-master服务启动的时候，会自动添加参数--key=value给二进制命令。

例如，mesos-master服务默认监听在loopback端口，即127.0.0.1:5050，我们需要修改主节点监听的地址，则可以创建/etc/mesos-master/ip文件，在其中写入主节点监听的外部地址。

为了正常启动mesos-master服务，还需要指定work\_dir参数（表示应用框架的工作目录）的值，可以通过创建/etc/mesos-master/work\_dir文件，在其中写入目录，例如/var/lib/mesos。工作目录下会生成一个replicated\_log目录，会存有各种同步状态的持久化信息。以及指定quorum参数的值，该参数用来表示ZooKeeper集群中要求最少参加表决

的节点数目。一般设置为比ZooKeeper集群中节点个数的半数多一些（比如三个节点的话，可以配置为2）。

此外，要修改Mesos集群的名称，可以创建/etc/mesos-master/cluster文件，在其中写入集群的别名，例如MesosCluster。

总结一下，建议在/etc/mesos-master目录下，配置至少四个参数文件：ip、quorum、work\_dir、cluster。

修改配置之后，需要启动服务即可生效：

---

```
$ sudo service mesos-master start
```

---

更多选项可以参考后面26.4节的配置项解析内容。

主节点服务启动后，则可以在从节点上启动mesos-slave服务来加入主节点的管理。

**从节点配置：**一般只需要关注/etc/mesos-slave/目录下的文件。默认情况下目录下为空。文件命名和内容也是跟主节点类似，对应二进制文件支持的命令行参数。

建议在从节点上，创建/etc/mesos-slave/ip文件，在其中写入跟主节点通信的地址。

修改配置之后，也需要重新启动服务：

---

```
$ sudo service mesos-slave start
```

---

### （3）Marathon

Marathon作为Mesos的一个应用框架，配置要更为简单，必需的配置项有--master和--zk。

安装完成后，会在/usr/bin下多一个marathon shell脚本，为启动marathon服务时候执行的命令。

配置目录为/etc/marathon/conf（需要手动创建），此外默认配置文

件在/etc/default/marathon。

我们手动创建配置目录，并添加配置项（文件命名和内容跟Mesos风格一致），让Marathon能连接到已创建的Mesos集群中：

---

```
$ sudo mkdir -p /etc/marathon/conf
$ sudo cp /etc/mesos/zk /etc/marathon/conf/master
```

---

同时，让Marathon也将自身的状态信息保存到ZooKeeper中。创建/etc/marathon/conf/zk文件，添加ZooKeeper地址和路径：

---

```
zk://10.0.0.2:2181,10.0.0.2:2181,10.0.0.2:2181/marathon
```

---

启动marathon服务：

---

```
$ sudo service marathon start
```

---

### 3.访问Mesos图形界面

Mesos自带了Web图形界面，可以方便用户查看集群状态。

用户在Mesos主节点服务和从节点服务都启动后，可以通过浏览器访问主节点5050端口，看到如图26-1所示的界面，已经有两个从节点加入了。



图26-1 Mesos界面查看加入的从节点

通过Slaves标签页能看到加入集群的从节点信息。

如果没有启动marathon服务，在Frameworks标签页下将看不到任何内容。

#### 4. 访问Marathon图形界面

Marathon服务启动成功后，在Mesos的Web界面的Frameworks标签页下面将能看到名称为marathon的框架出现。

同时，可以通过浏览器访问8080端口，看到Marathon的管理界面，如图26-2所示。

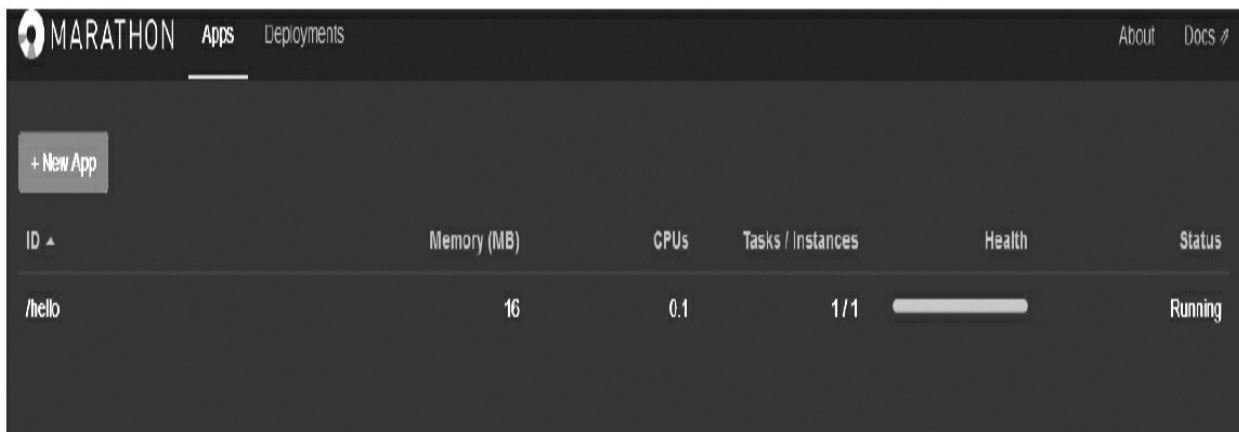


图26-2 Marathon图形管理界面

此时，可以通过界面或者REST API来创建一个应用，Marathon会保持该应用的持续运行。

通过界面方式可以看到各任务支持的参数（包括资源、命令、环境变量、健康检查等），同时可以很容易地修改任务运行实例数进行扩展，非常适合进行测试，参见图26-3。



## Edit Application

X

ID

/basic-0

CPUs

Memory (MiB)

Disk Space (MiB)

Instances

0.1

10

0

1

Command

```
while [ true ]; do echo 'Hello Marathon'; sleep 5; done
```

May be left blank if a container image is supplied

> Docker container settings

> Environment variables

> Labels

> Health checks

> Optional settings

Change and deploy configuration

Cancel

图26-3 在Marathon中查看任务支持的参数

如果要更自动化地使用Marathon，则需要通过它的REST API进行操作。

一般情况下，启动新任务需要先创建一个定义模板（JSON格式），然后发到指定的API。

例如，示例任务basic-0的定义模板为：

---

```
{
  "id": "basic-0",
  "cmd": "while [ true ] ; do echo 'Hello Marathon' ; sleep 5 ; done",
  "cpus": 0.1,
  "mem": 10.0,
  "instances": 1
}
```

---

该任务申请资源为0.1个单核CPU资源和10MB的内存资源，具体命令为每隔五秒钟用shell打印一句Hello Marathon。

可以通过如下命令发出basic-0任务到Marathon框架，框架会分配任务到某个满足条件的从节点上，成功会返回一个json对象，描述任务的详细信息：

---

```
$ curl -X POST http://marathon_host:8080/v2/apps -d @basic-0.json -H "Content-
type: application/json"
{"id":"/basic-0","cmd":"while [ true ] ; do echo 'Hello Marathon' ; sleep 5 ;
done","args":null,"user":null,"env":{},"instances":1,"cpus":0.1,"mem":10,
"disk":0,"executor":"","constraints":[],"uris":[],"storeUrls":[],"ports":
[0],"requirePorts":false,"backoffSeconds":1,"backoffFactor":1.15,"maxLaunch
DelaySeconds":3600,"container":null,"healthChecks":[],"dependencies":[],
"upgradeStrategy":{"minimumHealthCapacity":1,"maximumOverCapacity":1},
"labels":{"acceptedResourceRoles":null,"version":"2015-12-28T05:33:05.805Z",
"tasksStaged":0,"tasksRunning":0,"tasksHealthy":0,"tasksUnhealthy":0,
"deployments":[{"id":"3ec3fbd5-11e4-479f-bd17-813d33e43e0c"}],"tasks":[]}%
```

---

Marathon的更多REST API可以参考本地自带的文档：  
[http://marathon\\_host:8080/api-console/index.html](http://marathon_host:8080/api-console/index.html)。

此时，如果运行任务的从节点出现故障，任务会自动在其他可用的从节点上启动。

此外，目前也已经支持基于Docker容器的任务。需要先在Mesos slave节点上为slave服务配置--containerizers=docker，mesos参数。

例如，如下面的示例任务：

---

```
{
  "id": "basic-3",
  "cmd": "python3 -m http.server 8080",
  "cpus": 0.5,
  "mem": 32.0,
  "container": {
    "type": "DOCKER",
    "volumes": [],
    "docker": {
      "image": "python:3",
      "network": "BRIDGE",
      "portMappings": [
        {
          "containerPort": 8080,
          "hostPort": 31000,
          "servicePort": 0,
          "protocol": "tcp"
        }
      ]
    },
    "privileged": false,
    "parameters": [],
    "forcePullImage": true
  }
}
```

---

该任务启动一个python: 3容器，执行python3-m http.server 8080命令，作为一个简单的Web服务，实际端口会映射到宿主机的31000端口。

注意区分hostPort和servicePort，前者代表任务映射到本地可用端口（可用范围由Mesos slave汇报，默认为31000~32000）；后者作为服务管理的端口，可以当做一些服务发行机制使用，进行转发，在整个Marathon集群中是唯一的。

任务执行后，也可以在对应slave节点上通过Docker命令查看容器运行情况，容器将以mesos-SLAVE\_ID开头：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED        STATUS
PORTS
1226b4ec8d7d   python:3  "/bin/sh -c 'python3 "   3 days ago    Up 3 days
0.0.0.0:10000->8080/tcp   mesos-06db0fba-49dc-4d28-ad87-6c2d5a020866-
S10.b581149e-2c43-46a2-b652-1a0bc10204b3
```

---

## 26.3 原理与架构

首先，需要再次强调，**Mesos**自身只是一个资源调度框架，并非一整套完整的应用管理平台，所以只有**Mesos**自己是不能干活的。但是基于**Mesos**，可以比较容易地为各种应用管理框架，或者为中间件平台（作为**Mesos**的应用）提供分布式运行能力；同时，由于多个框架也可以同时运行在一个**Mesos**集群中，提高了整体的资源使用效率。

**Mesos**对自己的定位划分清楚，使得它要完成的任务很明确，其他任务框架也可以很容易地与它进行整合。

### 26.3.1 架构

图26-4基本架构图来自**Mesos**官方。

## Mesos Architecture

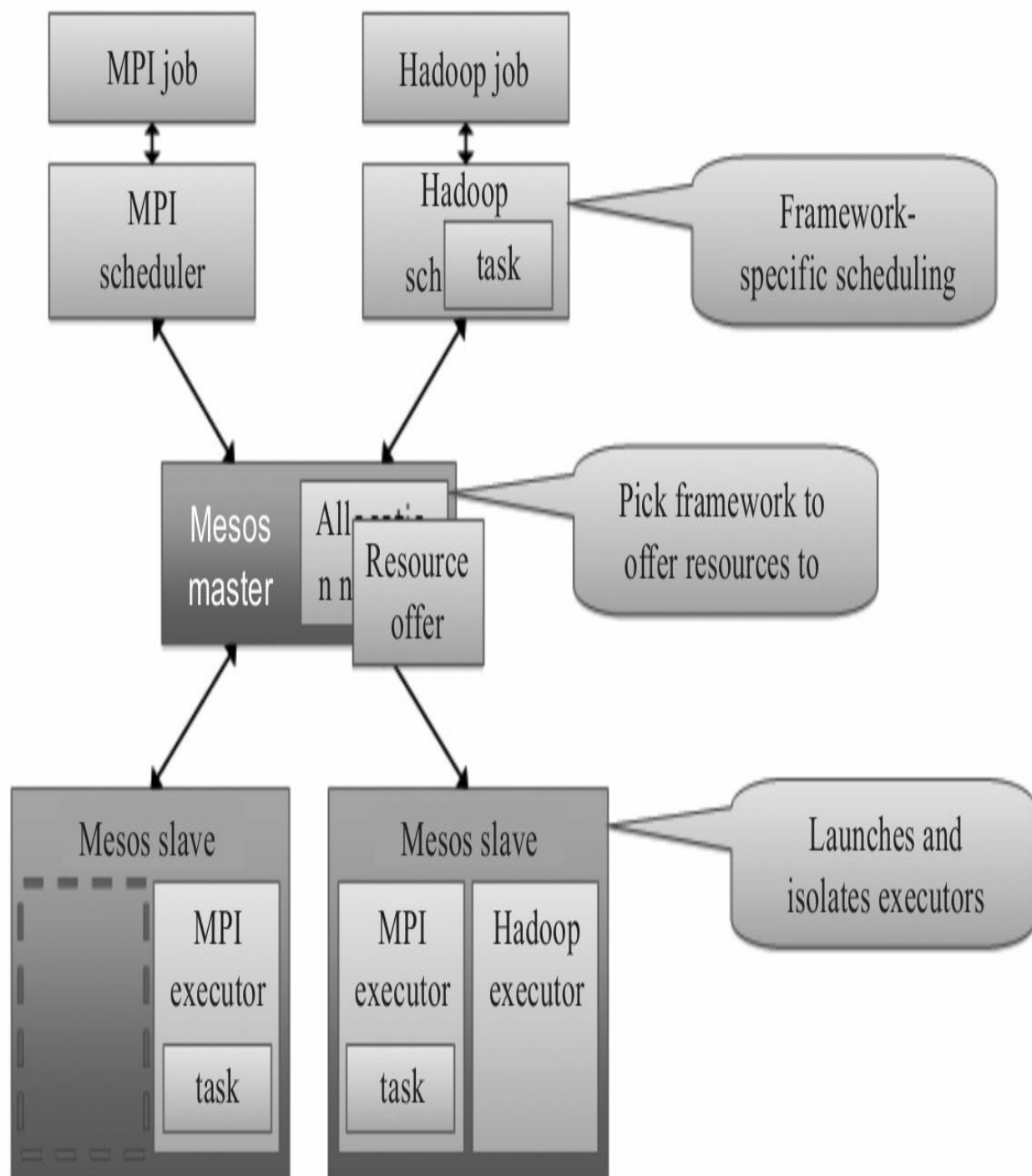


图26-4 Mesos的基本架构

可以看出，Mesos采用了经典的“主-从”（master-slave）架构，其中主节点（管理节点）可以使用ZooKeeper来做HA（高可靠性）。Mesos

master服务将运行在主节点上，Mesos slave服务则需要运行在各个计算任务节点上。负责完成具体任务的应用框架（framework）跟Mesos master进行交互，来申请资源。

## 26.3.2 基本单元

Mesos中有三个基本的组件：管理服务（master）、任务服务（slave）以及应用框架（framework）。

跟大部分分布式系统中类似，主节点（master）起到管理作用，将看到全局的信息，负责不同应用框架之间的资源调度和逻辑控制。应用框架需要注册到管理服务上才能被使用。用户和应用需要通过主节点提供的API来获取集群状态和操作集群资源。

slave负责汇报本从节点上的资源状态（空闲资源、运行状态等等）给主节点，并负责隔离本地资源来执行主节点分配的具体任务。隔离机制目前包括各种容器机制，包括LXC、Docker等。

应用框架（framework）是实际干活的，包括两个主要组件：

- 调度器（scheduler）：注册到主节点，等待分配资源；
- 执行器（executor）：在从节点上执行框架指定的任务（框架也可以使用Mesos自带的执行器，包括shell脚本执行器和Docker执行器）。

应用框架可以分两种：一种是对资源的需求，是会扩展的（如Hadoop、Spark等），申请后还可能调整；另一种是对资源需求大小是固定的（如MPI等），一次申请即可。

## 26.3.3 调度

对于一个资源调度框架来说，最核心的就是调度机制，怎么能快速高效地完成对某个应用框架资源的分配，是核心竞争力所在。最理想情况下（大部分时候都无法实现），最好是能猜到应用的实际需求，实现最大化的资源使用率。

Mesos为了实现尽量优化的调度，采取了两层的调度算法。

## 1.算法基本过程

调度的基本思路很简单，master先全局调度一大块资源给某个framework，framework自己再实现内部的细粒度调度，决定哪个任务用多少资源。两层调度简化了Mesos master自身的调度过程，通过将复杂的细粒度调度交由framework实现，避免了Mesos master成为性能瓶颈。

调度机制支持插件机制来实现不同的策略。默认是Dominant Resource Fairness（DRF）[\[4\]](#)。

## 2.调度过程

调度通过offer发送的方式进行交互。一个offer是一组资源，例如<1 CPU, 2 GB Mem>。基本调度过程如下：

- 1) slave节点会周期性汇报自己可用的资源给master;
- 2) 某个时候，master收到应用框架发来的资源请求，根据调度策略，计算出来一个资源offer给framework;
- 3) framework收到offer后可以决定要不要，如果接受的话，返回一个描述，说明自己希望如何使用和分配这些资源来运行某些任务（可以说明只希望使用部分资源，则多出来的会被master收回）；
- 4) 最后，master则根据framework答复的具体分配情况发送给slave，以使用framework的executor来按照分配的资源策略执行任务。

具体给出一个例子，某从节点向主节点汇报自己有<4 CPU, 8 GB Mem>的空闲资源，同时，主节点看到某个应用框架请求<3 CPU, 6 GB Mem>，就创建一个offer<slave#1, 4 CPU, 8 GB Mem>把满足的资源发给应用框架。应用框架（的调度器）收到offer后觉得可以接受，就回复主节点，并告诉主节点希望运行两个任务：一个占用<1 CPU, 2 GB Mem>，另一个占用<2 CPU, 4 GB Mem>。主节点收到任务信息后分配任务到从节点上进行运行（实际上是应用框架的执行器来负责执行任务）。任务运行结束后可将资源释放出来。剩余的资源还可以继续分配给其他应用框架或任务。

应用框架在收到offer后，如果offer不满足自己的偏好（例如希望继

续使用上次的slave节点），则可以选择拒绝offer，等待master发送新的offer过来。另外，可以通过过滤器机制来加快资源的分配过程。

### 3.过滤器

framework可以通过过滤器机制告诉master它的资源偏好，比如希望分配过来的offer有哪个资源，或者至少有多少资源等。

过滤器可以避免某些应用资源长期分配不到所需要的资源的情况，加速整个资源分配的交互过程。

### 4.回收机制

为了避免某些任务长期占用集群中资源，Mesos也支持回收机制。

主节点可以定期回收计算节点上的任务所占用的资源，可以动态调整长期任务和短期任务的分布。

## 26.3.4 高可用性

从架构上看，最为核心的节点是master节点。除了使用ZooKeeper来解决单点失效问题之外，Mesos的master节点自身还提供了很高的鲁棒性。

Mesos master节点在重启后，可以动态通过slave和framework发来的消息重建内部状态，虽然可能导致一定的时延，但这避免了传统控制节点对数据库的依赖。

当然，为了减少master节点的负载过大，在集群中slave节点数目较多的时候，要避免把各种通知的周期配置得过短。在实践中，可以通过部署多个Mesos集群来保持单个集群的规模不要过大。

**[1]** DRF算法细节可以参考论文《Dominant Resource Fairness: Fair Allocation of Multiple Resource Types》，其核心思想是对不同类型资源进行多个请求，计算请求的主资源类型，然后根据主资源进行公平分配。



## 26.4 Mesos配置项解析

Mesos支持在运行时通过命令行参数形式提供的配置项。如果是通过系统服务方式启动，也支持以配置文件或环境变量方式给出。当然，实际上最终是提取为命令行参数传递给启动命令。

Mesos的配置项分为三种类型：通用项（master和slave都支持）、master专属项，以及slave专属项。

Mesos配置项比较多，下面对一些重点配置进行描述。少数为必备项，意味着必须给出配置值；另外一些是可选配置，自己带有默认值。

### 26.4.1 通用项

通用项数量不多，主要涉及服务绑定地址和日志信息等，参见表26-1。

表26-1 Mesos配置通用项

配置项	说 明
<code>--advertise_ip=VALUE</code>	可以通过该地址访问到服务，比如应用框架访问到 master 节点
<code>--advertise_port=VALUE</code>	可以通过该端口访问到服务
<code>--external_log_file=VALUE</code>	指定存储日志的外部文件，可通过 Web 界面查看
<code>--firewall_rules=VALUE endpoint</code>	防火墙规则，VALUE 可以是 JSON 格式或者存有 JSON 格式的文件路径
<code>--ip=VALUE</code>	服务绑定到的 IP 地址，用来监听外面过来的请求
<code>--log_dir=VALUE</code>	日志文件路径，如果为空（默认值）则不存储日志到本地
<code>--logbufsecs=VALUE buffer</code>	多少秒的日志，然后写入本地
<code>--logging_level=VALUE</code>	日志记录的最低级别
<code>--port=VALUE</code>	绑定监听的端口，master 默认是 5050，slave 默认是 5051

### 26.4.2 master 专属项

这些配置项是针对主节点上的 Mesos master 服务的，围绕高可用、注册信息、对应用框架的资源管理等。用户应该根据本地主节点资源情况来合理地配置这些选项。

用户可以通过 `mesos-master--help` 命令来获取所有支持的配置项信息。

必须指定的配置项有三个，其他为可选。参见表 26-2。

表 26-2 Mesos 配置 master 专属项

配置项	说 明
--quorum=VALUE	必备项，使用基于 replicated-Log 的注册表（即利用 ZooKeeper 实现 HA）时，参与投票时的最少节点个数
--work_dir=VALUE	必备项，注册表持久化信息存储位置
--zk=VALUE	必备项，如果主节点为 HA 模式，指定 ZooKeeper 的服务地址，支持多个地址，之间用逗号隔离，例如 zk://username:password@host1:port1,host2:port2,.../path。还可以为存有路径信息的文件路径
--acls=VALUE	ACL 规则或所在文件
--allocation_interval=VALUE	执行 allocation 的间隔，默认为 1sec
--allocator=VALUE	分配机制，默认为 HierarchicalDRF
--[no-]authenticate	是否允许非认证过的 framework 注册
--[no-]authenticate_slaves	是否允许非认证过的 slaves 注册
--authenticators=VALUE	对 framework 或 slaves 进行认证时的实现机制
--cluster=VALUE	集群别名，显示在 Web 界面上供用户识别的
--credentials=VALUE	存储加密后凭证的文件的 路径
--external_log_file=VALUE	采用外部的日志文件
--framework_sorter=VALUE	给定 framework 之间的资源分配策略
--hooks=VALUE	master 中安装的 hook 模块
--hostname=VALUE	master 节点使用的主机名，不配置则从系统中获取
--[no-]log_auto_initialize	是否自动初始化注册表需要的 replicated 日志
--modules=VALUE	要加载的模块，支持文件路径或者 JSON
--offer_timeout=VALUE	offer 撤销的超时
--rate_limits=VALUE	framework 的速率限制，即 query per second (qps)
--recovery_slave_removal_limit=VALUE	限制注册表恢复后可以移除或停止的 slave 数目，超出后 master 会失败，默认是 100%
--slave_removal_rate_limit=VALUE slave	没有完成健康度检查时候被移除的速率上限，例如 1/10mins 代表每十分钟最多有一个
--registry=VALUE	注册表信息的持久化策略，默认为 replicated_log 存放本地，还可以为 in_memory 放在内存中
--registry_fetch_timeout=VALUE	访问注册表失败超时
--registry_store_timeout=VALUE	存储注册表失败超时
--[no-]registry_strict	是否按照注册表中持久化信息执行操作，默认为 false
--roles=VALUE	集群中 framework 可以所属的分配角色
--[no-]root_submissions root	是否可以提交 framework，默认为 true
--slave_reregister_timeout=VALUE	新的 lead master 节点选举出来后，多久之内所有的 slave 需要注册，超时的 slave 将被移除并关闭，默认为 10mins
--user_sorter=VALUE	在用户之间分配资源的策略，默认为 drf
--webui_dir=VALUE webui	实现的文件目录所在，默认为 /usr/local/share/mesos/webui
--weights=VALUE	各个角色的权重
--whitelist=VALUE	文件路径，包括发送 offer 的 slave 名单，默认为 None

(续)

配置项	说 明
<code>--zk_session_timeout=VALUE</code>	session 超时，默认为 10secs
<code>--max_executors_per_slave=VALUE</code>	配置了 <code>--with-network-isolator</code> 时可用，限制每个 slave 同时执行任务个数

下面给出一个由三个节点组成的master集群典型配置，工作目录指定为/tmp/mesos，集群名称为mesos\_cluster：

```
mesos_cluster:
mesos-master \
--zk=zk://10.0.0.2:2181,10.0.0.3:2181,10.0.0.4:2181/mesos \
--quorum=2 \
--work_dir=/tmp/mesos \
--cluster=mesos_cluster
```

### 26.4.3 slave 专属项

slave节点支持的配置项是最多的，因为它所完成的事情复杂。这些配置项既包括跟主节点打交道的一些参数，也包括对本地资源的配置，包括隔离机制、本地任务的资源限制等。

用户可以通过mesos-slave--help命令来获取所有支持的配置项信息。

必备项就一个：`--master=VALUE`，master所在地址，或对应ZooKeeper服务地址，或文件路径，可以是列表。其他为可选项，参见表26-3。

表26-3 Mesos配置slave专属项

配置项	说 明
--attributes=VALUE	机器属性
--authenticatee=VALUE	跟 master 进行认证时候的认证机制
--[no-]cgroups_enable_cfs	采用 CFS 进行带宽限制时候对 CPU 资源进行限制，默认为 false
--cgroups_hierarchy=VALUE	cgroups 的目录根位置，默认为 /sys/fs/cgroup
--[no-]cgroups_limit_swap	限制内存和 swap，默认为 false，只限制内存
--cgroups_root=VALUE	根 cgroups 的名称，默认为 mesos
--container_disk_watch_interval=VALUE	为容器进行硬盘配额查询的时间间隔
--containerizer_path=VALUE	采用外部隔离机制（--isolation=external）时候，外部容器机制执行文件路径
--containerizers=VALUE	可用的容器实现机制，包括 mesos、external、docker
--credential=VALUE	加密后凭证，或者所在文件路径
--default_container_image=VALUE	采用外部容器机制时，任务默认使用的镜像
--default_container_info=VALUE	容器信息的默认值
--default_role=VALUE	资源默认分配的角色

(续)

配置项	说 明
--disk_watch_interval=VALUE	硬盘使用情况的周期性检查间隔，默认为 1mins
--docker=VALUE	docker 执行文件的路径
--docker_remove_delay=VALUE	删除容器之前的等待时间，默认为 6hrs
--[no-]docker_kill_orphans	清除孤儿容器，默认为 true
--docker_sock=VALUE	docker sock 地址，默认为 /var/run/docker.sock
--docker_mesos_image=VALUE	运行 slave 的 docker 镜像，如果被配置，docker 会假定 slave 运行在一个 docker 容器里
--docker_sandbox_directory=VALUE	sandbox 映射到容器里的哪个路径
--docker_stop_timeout=VALUE	停止实例后等待多久执行 kill 操作，默认为 0secs
--[no-]enforce_container_disk_quota	是否启用容器配额限制，默认为 false
--executor_registration_timeout=VALUE	执行应用最多可以等多久再注册到 slave，否则停止它，默认为 1mins
--executor_shutdown_grace_period=VALUE	执行应用停止后，等待多久，默认为 5secs
--external_log_file=VALUE	外部日志文件
--fetcher_cache_size=VALUE	fetcher 的 cache 大小，默认为 2GB
--fetcher_cache_dir=VALUE	fetcher cache 文件存放目录，默认为 /tmp/mesos/fetch
--frameworks_home=VALUE	执行应用前添加的相对路径，默认为空
--gc_delay=VALUE	多久清理一次执行应用目录，默认为 1weeks
--gc_disk_headroom=VALUE	调整计算最大执行应用目录年龄的硬盘留空量，默认为 0.1
--hadoop_home=VALUE	hadoop 安装目录，默认为空，会自动查找 HADOOP_HOME 或者从系统路径中查找
--hooks=VALUE	安装在 master 中的 hook 模块列表
--hostname=VALUE	slave 节点使用的主机名
--isolation=VALUE	隔离机制，例如 posix/cpu,posix/mem（默认）或者 cgroups/cpu,cgroups/mem、external 等
--launcher_dir=VALUE	mesos 可执行文件的路径，默认为 /usr/local/lib/mesos
--image_providers=VALUE	支持的容器镜像机制，例如 'APPC, DOCKER'
--oversubscribed_resources_interval=VALUE	slave 节点定期汇报超配资源状态的周期
--modules=VALUE	要加载的模块，支持文件路径或者 JSON
--perf_duration=VALUE	perf 采样时长，必须小于 perf_interval，默认为 10secs
--perf_events=VALUE	perf 采样的事件
--perf_interval=VALUE	perf 采样的时间间隔
--qos_controller=VALUE	超配机制中保障 QoS 的控制器名
--qos_correction_interval_min=VALUE	Qos 控制器纠正超配资源的最小间隔，默认为 0secs



(续)

配置项	说 明
--recover=VALUE	回复后是否重连旧的执行应用, reconnect (默认值) 是重连, cleanup 清除旧的执行器并退出
--recovery_timeout=VALUE	slave 恢复时的超时, 太久则所有相关的执行应用将自行退出, 默认为 15mins
--registration_backoff_factor=VALUE	跟 master 进行注册时候的重试时间间隔算法的因子, 默认为 1secs, 采用随机指数算法, 最长 1mins
--resource_monitoring_interval=VALUE	周期性监测执行应用资源使用情况的间隔, 默认为 1secs
--resources=VALUE	每个 slave 可用的资源, 比如主机端口默认为 [31000, 32000]
--[no-]revocable_cpu_low_priority	运行在可撤销 CPU 上容器将拥有较低优先级, 默认为 true
--slave_subsystems=VALUE	slave 运行在哪些 cgroup 子系统中, 包括 memory, cpuacct 等, 默认为空
--[no-]strict	是否认为所有错误都不可忽略, 默认为 true
--[no-]switch_user	用提交任务的用户身份来运行, 默认为 true
--work_dir=VALUE	framework 的工作目录, 默认为 /tmp/mesos
--ephemeral_ports_per_container=VALUE	分配给一个容器的临时端口的最大数目, 需要为 2 的整数幂 (默认为 1024)
--eth0_name=VALUE	public 网络的接口名称, 如果不指定, 根据主机路由进行猜测
--lo_name=VALUE	loopback 网卡名称
--egress_rate_limit_per_container=VALUE	每个容器的输出流量限制速率限制 (采用 fq_codel 算法来限速), 单位是字节每秒
--[no-]egress_unique_flow_per_container	是否把不同容器的流量当作彼此不同的流, 避免彼此影响 (默认为 false)
--[no-]network_enable_socket_statistics	是否采集每个容器的 socket 统计信息, 默认为 false



最后6个选项需要配置--with-network-isolator一起使用（编译时需要启用--with-network-isolator参数）：

下面给出一个典型的slave配置，容器为Docker，监听在10.0.0.10地址，节点上限制16个CPU、64GB内存，容器的非临时端口范围指定为[31000~32000]，临时端口范围指定为[32768~57344]，每个容器临时端口最多为512个，并且外出流量限速为50MB/s：

---

```
mesos-slave \  
--master=zk://10.0.0.2:2181,10.0.0.3:2181,10.0.0.4:2181/mesos \  
--containerizers=docker \  
--ip=10.0.0.10 \  
--isolation=cgroups/cpu,cgroups/mem,network/port_mapping \  
--resources=cpus:16;mem:64000;ports:[31000-32000];ephemeral_ports:[32768-57344] \  
--ephemeral_ports_per_container=512 \  
--egress_rate_limit_per_container=50000KB \  
--egress_unique_flow_per_container
```

---

为了避免主机分配的临时端口跟我们指定的临时端口范围冲突，需要在主机节点上进行配置：

---

```
$ echo "57345 61000" > /proc/sys/net/ipv4/ip_local_port_range
```

---



注意

非临时端口是Mesos分配给框架，绑定到任务使用的，端口号往往有明确意义；临时端口是系统分配的，往往不太关心具体端口号。

## 26.5 日志与监控

Mesos自身提供了强大的日志和监控功能，某些应用框架也提供了针对框架中任务的监控能力。通过这些接口，用户可以实时获知集群的各种状态。

日志文件默认在/var/log/mesos目录下，根据日志等级带有不同后缀。用户可以通过日志来调试使用中碰到的问题。一般推荐使用--log\_dir选项来指定日志存放路径，并通过日志分析引擎来进行监控。

Mesos提供了方便的监控接口，供用户查看集群中各个节点的状态。下面分别介绍两种节点的监控。

### (1) 主节点

通过[http://MASTER\\_NODE:5050/metrics/snapshot](http://MASTER_NODE:5050/metrics/snapshot)地址可以获取到Mesos主节点的各种状态统计信息，包括资源（CPU、硬盘、内存）使用、系统状态、从节点、应用框架、任务状态等。

例如，查看主节点10.0.0.2的状态信息，并用jq来解析返回的json对象：

---

```
$ curl -s http://10.0.0.2:5050/metrics/snapshot |jq .
{
  "system/mem_total_bytes": 4144713728,
  "system/mem_free_bytes": 153071616,
  "system/load_5min": 0.37,
  "system/load_1min": 0.6,
  "system/load_15min": 0.29,
  "system/cpus_total": 4,
  "registrar/state_store_ms/p9999": 45.4096616192,
  "registrar/state_store_ms/p999": 45.399272192,
  "registrar/state_store_ms/p99": 45.29537792,
  "registrar/state_store_ms/p95": 44.8336256,
  "registrar/state_store_ms/p90": 44.2564352,
  "registrar/state_store_ms/p50": 34.362368,
  ...
  "master/recovery_slave_removals": 1,
  "master/slave_registrations": 0,
  "master/slave_removals": 0,
  "master/slave_removals/reason_registered": 0,
  "master/slave_removals/reason_unhealthy": 0,
  "master/slave_removals/reason_unregistered": 0,
  "master/slave_reregistrations": 2,
  "master/slave_shutdowns_canceled": 0,
  "master/slave_shutdowns_completed": 1,
  "master/slave_shutdowns_scheduled": 1
}
```

---

### (2) 从节点

通过[http://SLAVE\\_NODE:5051/metrics/snapshot](http://SLAVE_NODE:5051/metrics/snapshot)地址可以获取到

Mesos从节点的各种状态统计信息，包括资源、系统状态、各种消息状态等。

例如，查看从节点10.0.0.10的状态信息，如下所示：

---

```
$ curl -s http://10.0.0.10:5051/metrics/snapshot |jq .
{
  "system/mem_total_bytes": 16827785216,
  "system/mem_free_bytes": 3377315840,
  "system/load_5min": 0.11,
  "system/load_1min": 0.16,
  "system/load_15min": 0.13,
  "system/cpus_total": 8,
  "slave/valid_status_updates": 11,
  "slave/valid_framework_messages": 0,
  "slave/uptime_secs": 954125.458927872,
  "slave/tasks_starting": 0,
  "slave/tasks_staging": 0,
  "slave/tasks_running": 1,
  "slave/tasks_lost": 0,
  "slave/tasks_killed": 2,
  "slave/tasks_finished": 0,
  "slave/executors_preempted": 0,
  "slave/executor_directory_max_allowed_age_secs": 403050.709525191,
  "slave/disk_used": 0,
  "slave/disk_total": 88929,
  "slave/disk_revocable_used": 0,
  "slave/disk_revocable_total": 0,
  "slave/disk_revocable_percent": 0,
  "slave/disk_percent": 0,
  "containerizer/mesos/container_destroy_errors": 0,
  "slave/container_launch_errors": 6,
  "slave/cpus_percent": 0.025,
  "slave/cpus_revocable_percent": 0,
  "slave/cpus_revocable_total": 0,
  "slave/cpus_revocable_used": 0,
  "slave/cpus_total": 8,
  "slave/cpus_used": 0.2,
  "slave/executors_registering": 0,
  "slave/executors_running": 1,
  "slave/executors_terminated": 8,
  "slave/executors_terminating": 0,
  "slave/frameworks_active": 1,
  "slave/invalid_framework_messages": 0,
  "slave/invalid_status_updates": 0,
  "slave/mem_percent": 0.00279552715654952,
  "slave/mem_revocable_percent": 0,
  "slave/mem_revocable_total": 0,
  "slave/mem_revocable_used": 0,
  "slave/mem_total": 15024,
  "slave/mem_used": 42,
  "slave/recovery_errors": 0,
  "slave/registered": 1,
  "slave/tasks_failed": 6
}
```

---

另外，通过[http://MASTER\\_NODE:5050/monitor/statistics.json](http://MASTER_NODE:5050/monitor/statistics.json)地址可以看到该从节点上容器网络相关的统计数据，包括进出流量、丢包数、队列情况等。获取方法同上，在此不再演示。

## 26.6 常见应用框架

应用框架是实际干活的，可以理解为Mesos之上跑的“应用”。应用框架注册到Mesos master服务上即可使用。用户大部分时候，只需要跟应用框架打交道。因此，选择合适的框架十分关键。

Mesos目前支持的应用框架分为四大类：长期运行服务（以及PaaS）、大数据处理、批量调度、数据存储。

随着Mesos自身的发展，越来越多的框架开始支持Mesos，表26-4总结了目前常用的一些框架。

表26-4 Mesos支持的常见应用框架

分 类	框 架	说 明
长期运行的服务	Aurora	项目维护地址在 <a href="http://aurora.incubator.apache.org">http://aurora.incubator.apache.org</a> 利用 mesos 调度安排的任务，保证任务一直在运行提供 REST 接口，客户端和 webUI（8081 端口）
	Marathon	项目维护地址在 <a href="https://github.com/mesosphere/marathon">https://github.com/mesosphere/marathon</a> 一个私有 PaaS 平台，保证运行的应用不被中断。如果任务停止了，会自动重启一个新的相同任务。支持任务为任意 bash 命令，以及容器。提供 REST 接口、客户端和 webUI（8080 端口）
	Singularity	项目维护地址在 <a href="https://github.com/HubSpot/Singularity">https://github.com/HubSpot/Singularity</a> 一个私有 PaaS 平台。调度器运行长期的任务和一次性任务。提供 REST 接口、客户端和 webUI（7099、8080 端口），支持容器
大数据处理	Cray Chapel	项目维护地址在 <a href="https://github.com/nqn/mesos-chapel">https://github.com/nqn/mesos-chapel</a> 支持 Chapel 并行编程语言的运行框架
	Dpark	项目维护地址在 <a href="https://github.com/douban/dpark">https://github.com/douban/dpark</a> Spark 的 Python 实现
	Hadoop	项目维护地址在 <a href="https://github.com/mesos/hadoop">https://github.com/mesos/hadoop</a> 经典的 map-reduce 模型的实现
	Spark	项目维护地址在 <a href="http://spark.incubator.apache.org">http://spark.incubator.apache.org</a> 跟 Hadoop 类似，但处理迭代类型任务会更好的使用内存做中间状态缓存，速度要快一些
	Storm	项目维护地址在 <a href="https://github.com/mesosphere/storm-mesos">https://github.com/mesosphere/storm-mesos</a> 分布式流计算，可以实时处理数据流

(续)

分 类	框 架	说 明
批量调度	Chronos	项目维护地址在 <a href="https://github.com/airbnb/chronos">https://github.com/airbnb/chronos</a> Cron 的分布式实现，负责任务调度，支持容错
	Jenkins	项目维护地址在 <a href="https://github.com/jenkinsci/mesos-plugin">https://github.com/jenkinsci/mesos-plugin</a> 大名鼎鼎的 CI 引擎。使用 mesos-jenkins 插件，可以将 jenkins 的任务被 Mesos 集群来动态调度执行
	JobServer	项目维护地址在 <a href="http://www.grandlogic.com/content/html_docs/jobserver.html">http://www.grandlogic.com/content/html_docs/jobserver.html</a> 基于 Java 的调度任务和数据处理引擎
	GoDocker	项目维护地址在 <a href="https://bitbucket.org/osallou/go-docker">https://bitbucket.org/osallou/go-docker</a> 基于 Docker 容器的集群维护工具。提供用户接口，除了支持 Mesos，还支持 Kubernetes、Swarm 等
数据存储	Cassandra	项目维护地址在 <a href="https://github.com/mesosphere/cassandra-mesos">https://github.com/mesosphere/cassandra-mesos</a> 高性能的分布式数据库。可扩展性很好，支持高可用
	ElasticSearch	项目维护地址在 <a href="https://github.com/mesosphere/elasticsearch-mesos">https://github.com/mesosphere/elasticsearch-mesos</a> 功能十分强大的分布式数据搜索引擎。一方面通过分布式集群实现可靠的数据库，一方面提供灵活的 API 对数据进行整合和分析。ElasticSearch + LogStash + Kibana 目前合成为 ELK 工具栈
	Hypertable	项目维护地址在 <a href="https://code.google.com/p/hypertable">https://code.google.com/p/hypertable</a> 高性能的分布式数据库，支持结构化或者非结构化的数据存储
	Tachyon	项目维护地址在 <a href="http://tachyon-project.org/">http://tachyon-project.org/</a> 内存为中心的分布式存储系统，利用内存访问的高速提供高性能

## 26.7 本章小结

本章讲解了Mesos的安装使用、基本原理和架构，以及支持Mesos的重要应用框架。Mesos最初设计为资源调度器，然而其灵活的设计和对上层框架的优秀支持，使得它可以很好地支持大规模的分布式应用场景。结合Docker，Mesos可以很容易部署一套私有的容器云。

除了核心功能之外，Mesos在设计上有许多值得借鉴之处，比如它清晰的定位、简洁的架构、细致的参数、高度容错的可靠，还有对限速、监控等的支持等。

Mesos作为一套成熟的开源项目，可以很好地被应用和集成到生产环境中。但它的定位集中在资源调度，往往需要结合应用框架或二次开发。

## 第27章 Kubernetes——生产级容器集群平台

Kubernetes是Google团队发起并维护的开源容器集群管理系统，支持如Docker等容器技术。类似Docker Swarm，使用Kubernetes，用户可以轻松搭建和管理一个私有容器云。

本章将介绍Kubernetes相关的核心概念和重要实现组件，以及如何进行安装部署。读者通过学习Kubernetes的命令，可以体会如何在生产环境中灵活使用Kubernetes来提高应用开发和部署的效率。



## 27.1 简介

Kubernetes是Google公司于2014年基于内部集群管理系统Borg开源的容器集群管理项目。该项目基于Go语言实现，试图为基于容器的应用部署和管理打造一套强大并且易用的管理平台。Kubernetes自开源之日起就吸引了众多公司和容器技术爱好者的关注，是目前容器集群管理最优秀的开源项目之一。已有Microsoft、RedHat、IBM、Docker、Mesosphere、CoreOS以及SaltStack等公司加入了Kubernetes社区。



Kubernetes的前身（Borg系统）在Google内部已经应用了十几年，积累了大量来自生产环境的宝贵实践经验。在设计Kubernetex的时候，团队也很好地结合了来自社区的想法。

正是因为这些积累，作为一套分布式应用容器集群系统，Kubernetes拥有鲜明的技术优势：

- 优秀的API设计，以及简洁高效的架构设计，主要组件个数很少，彼此之间通过接口调用；

- 基于微服务模式的多层资源抽象模型，兼顾灵活性与可操作性，提出的Pod模型被许多平台借鉴；

- 可拓展性好，模块化容易替换，伸缩能力极佳，1.2.0版本单集群支持1000个节点，同时运行30000个Pods；

- 自动化程度高，真正实现“所得即所需”，用户通过模板声明服务后，生命周期都是自动化管理；

- 部署支持多种环境，包括虚拟机、裸机部署，还很好地支持常见云平台，包括AWS、GCE等；

- 支持丰富的运维工具，方便用户对集群进行性能测试、问题检查和状态监控；

- 自带控制台、客户端命令等工具，允许用户通过多种方式与kubernetes集群进行交互。

基于Kubernetes，可以很容易地实现一套PaaS，比如Openshift和Deis。

Kubernetes目前在[github.com/kubernetes/kubernetes](https://github.com/kubernetes/kubernetes)进行维护，最新版本为1.3.x。

2015年7月发布的1.0版本是Kubernetes的第一个正式版本，标志着核心功能已经逐渐成熟稳定，可以正式投入生产环境使用。

2016年3月发布的1.2.0版本，在性能、稳定性和可管理性上都有了重大的优化和升级，包括对多可用域的支持、监控服务增强、上千物理节点的支持等令人振奋的特性。本书将以1.2.x版本系列为主，兼顾1.3.x中的新特性进行剖析和实践。



提示

Kubernetes来自希腊语，是“领航员”的意思，经常被缩写为K8S。

## 27.2 核心概念

Kubernetes的核心概念见图27-1。

要想深入理解Kubernetes的特性和工作机制，首先要掌握Kubernetes模型中的核心概念。这些核心概念反映了Kubernetes设计过程中对应用容器集群的认知模型。

首先是集群组件，从架构上看，Kubernetes集群（Cluster）也采用了典型的“主-从”架构。一个集群主要由管理组件（Master）和工作节点（Node）组件构成。

另外，Kubernetes集群的主要任务始终围绕着应用的生命周期。通过将不同资源进行不同层次的抽象，Kubernetes提供了灵活可靠的生命周期管理。资源的核心抽象主要包括：

- 容器组（Pod）：由位于同一节点上若干容器组成，彼此共享网络命名空间和存储卷（Volume）。Pod是Kubernetes中进行管理的最小资源单位，是最为基础的概念。跟容器类似，Pod是短暂的，随时可变的；

- 服务（Service）：若干（往往是同类型的）Pod形成的对外提供某个功能的抽象，不随Pod改变而变化，带有唯一固定的访问路径，如IP地址或者域名。

- 复制控制器（Replication Controller）：负责启动Pod，并维护其健康运行的状态。是用户管理Pod的句柄。

- 部署（Deployment）：创建Pod，并可根据参数自动创建管理Pod的复制控制器，并且支持升级。1.2.0版本引入提供比复制控制器更方便的操作；

- 横向Pod扩展器（Horizontal Pod Autoscaler, HPA）：类似云里面的自动扩展组，根据Pod的使用率（典型如CPU）自动调整一个部署里面Pod的个数，保障服务可用性；

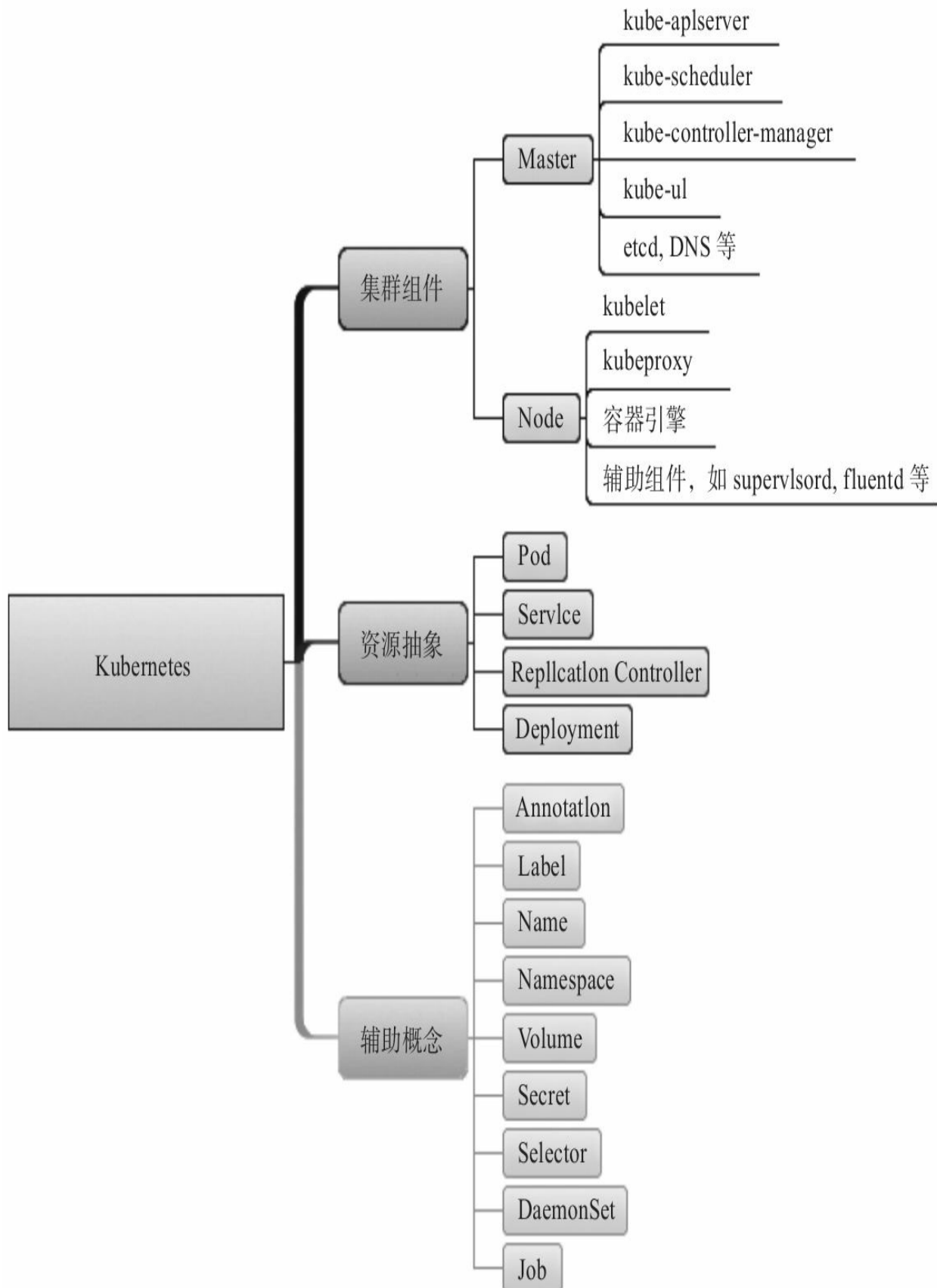


图27-1 Kubernetes的核心概念

此外，还有一些管理资源相关的辅助概念，主要包括：

- 注解（Annotation）：键值对，可以存放大量任意数据，一般用来添加对资源对象的详细说明，可供其他工具处理。

- 标签（Label）：键值对，可以标记到资源对象上，用来对资源进行分类和筛选；

- 名字（Name）：用户提供给资源的别名，同类资源不能重名；

- 命名空间（Namespace）：这里是指资源的空间，避免不同租户的资源发生命名冲突，另外可以进行资源限额；

- 持久卷（PersistentVolume）：类似于Docker中数据卷的概念，就是一个数据目录，Pod对其有访问权限。

- 秘密数据（Secret）：存放敏感数据，例如用户认证的口令等；

- 选择器（Selector）：基于标签概念的一个正则表达式，可通过标签来筛选出一组资源；

- Daemon集（DaemonSet）：确保节点上肯定运行某个Pod，一般用来采集日志和监控节点；

- 任务（Job）：确保给定数目的Pod正常退出（完成了任务）；

- 入口资源（Ingress Resource）：用来提供七层代理服务；

- 资源限额（Resource Quotas）：用来限制某个命名空间下对资源的使用，开始逐渐提供多租户支持；

- 安全上下文（Security Context）：应用到容器上的系统安全配置，包括uid、gid、capabilities、SELinux角色等；

- 服务账号（Service Accounts）：操作资源的用户账号。

下面分别解释这些核心概念的含义和用法。

## 27.2.1 集群组件

集群由使用Kubernetes组件管理的一组节点组成，这些节点提供了容器资源池供用户使用。主要包括管理（Master）组件和节点（Node）组件。

### 1.Master组件

顾名思义，Master组件提供所有与管理相关的操作，例如调度、监控、支持对资源的操作等。

Master会通过Node Controller来定期检查所管理的Node资源的健康状况，完成Node的生命周期管理。

### 2.Node组件

在Kubernetes中，Node是实际工作的计算实例（在1.1之前版本中名字叫做Minion）。节点可以是虚拟机或者物理机器，在创建Kubernetes集群过程中，都要预装一些必要的软件来响应Master的管理。目前，Node的配置还只能通过人工手动进行，未来可以支持通过Master来自动配置。

Node节点有几个重要的属性：地址信息、阶段状态、资源容量、节点信息。

地址信息包括：

- 主机名（HostName）：节点所在系统的主机别名，基本不会用到；

- 外部地址（ExternalIP）：集群外部客户端可以通过该地址访问到的节点；

- 内部地址（InternalIP）：集群内可访问的地址，外部往往无法通过该地址访问节点。

阶段状态包括：

- 待定（Pending）：新创建节点，还未就绪状态，需要进一步的配

置；

- 运行中（Running）：正常运行中的节点，可被分配Pod，会定期汇报运行状态消息；

- 终止（Terminated）：节点已经停止，处于不可用状态，判断条件为5分钟内未收到运行状态消息。

资源容量包括常见操作系统资源，如CPU、内存、最多存放的Pod个数等。

节点信息包括操作系统内核信息、Kubernetes版本信息、Docker引擎版本信息等，会由kubelet定期汇报。

## 27.2.2 资源抽象

Kubernetes对集群中的资源进行了不同级别的抽象，每个资源都是一个REST对象，通过API进行操作，通过JSON/YAML格式的模板文件进行定义。

在使用Kubernetes过程中，要注意积累这些模板文件。在Kubernetes代码包的example目录下自带了十分翔实的示例模板文件，推荐读者参考使用。

### 1.容器组（Pod）

在Kubernetes中，并不直接操作容器，最小的管理单位是容器组（Pod）。容器组由一个或多个容器组成，Kubernetes围绕容器组进行创建、调度、停止等生命周期管理。

同一个容器组中，各个容器共享命名空间（包括网络、IPC、文件系统等容器支持的命名空间）、cgroups限制和存储卷。这意味着同一容器组中，各个应用可以很方便相互进行访问，比如通过localhost地址进行网络访问，通过信号量和共享内存进行进程间通信等，类似于经典场景中运行在同一个操作系统中的一组进程。可以简单将一个Pod当作是一个抽象的“虚拟机”，里面运行若干个不同的进程（每个进程实际上就是一个容器）。



实现上，是先创建一个gcr.io/google\_containers/pause容器，创建相关命名空间，然后创建Pod中的其他容器，共享pause容器的命名空间。

容器组内的若干容器往往是存在共同的应用目的，彼此关联十分紧密，例如一个Web应用和对应的日志采集应用或状态监控应用。如果单纯把这些相关的应用放一个容器里面，又会造成过度耦合，管理升级都不方便。

容器组的经典应用场景包括：

- 内容管理，文件和数据加载，缓存管理等；
- 日志处理，状态快照等；
- 监控代理，消息发布等；
- 代理机制，网桥、网卡等；
- 控制器，管理器，配置以及更新等。

跟其他资源类似，容器组是一个REST对象，用户可以通过YAML或者JSON模板来定义一个容器组资源，例如：

---

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: nginx-test
spec:
  containers:
  - name: nginx
    image: nginx
    ports:
    - containerPort: 80
```

---

可以说，容器组既保持了容器轻量解耦的特性，又提供了调度操作的便利性，在实践中提供了比单个容器更为灵活和更有意义的抽象。

容器组生命周期包括五种状态值：待定（Pending）、运行（Running）、成功（Succeeded）、失败（Failed）、未知（Unknown）：

- 待定（Pending）：已经被系统接受，但容器镜像还未就绪；
- 运行（Running）：分配到节点，所有容器都被创建，至少一个容

器在运行中；

- 成功（Succeeded）：所有容器都正常退出，不需要重启，任务完成；
- 失败（Failed）：所有容器都退出，至少一个容器是非正常退出；
- 未知（Unknown）：未知状态，例如所在节点无法汇报状态。

## 2.复制控制器（Replication Controller）和部署（Deployment）

在Kubernetes看来，Pod资源是可以随时故障的，并不非要保证Pod的运行，而是在发生失败后重新生成。Kubernetes通过复制控制器来实现这一功能。

用户申请容器组后，复制控制器将负责调度容器组到某个节点上，并保证它的给定份数（replica）正常运行。当实际运行Pod份数超过数目，则终止某些Pod；当不足，则创建新的Pod。一般建议，即使Pod份数是1，也要使用复制控制器来创建，而不是直接创建Pod。

可以将复制控制器类比为进程的监管者（supervisor）的角色，只不过它不光能保持Pod的持续运行，还能保持集群中给定类型Pod同时运行的个数为指定值。

Pod是临时性的，可以随时被复制控制器创建或者销毁，这意味着要通过Pod自身的地址访问应用是不能保证一致性的。Kubernetes通过服务的概念来解决这个问题。

从1.2.0版本开始，Kubernetes将正式引入部署（Deployment）机制来支持更灵活的Pod管理，从而用户无需直接跟复制控制器打交道了。

## 3.横向Pod扩展器（Horizontal Pod Autoscaler）

横向扩展器（HPA）在复制控制器和部署的基础上增加了自动反馈机制，通过定期查询Pod的资源利用率来调整Pod的数目，确保服务的可用性。

典型的一个场景是，定期（由--horizontal-pod-autoscaler-sync-period参数指定）通过Heapster组件来检查目标部署内Pod的平均CPU使用情

况，当CPU使用率高出目标值，自动增加Pod数；反之降低。内部机制是通过scale接口来操作资源。



### 提示

Heapster是一套监控工具，支持对从kubelet中采集的系统数据进行整合处理和展示，可参考<https://github.com/kubernetes/heapster>。

用户可以显式定义一个横向扩展器资源，绑定到部署对象上，也可以通过autoscale命令来自动创建，例如：

---

```
$ kubectl autoscale rc test_rc --min=2 --max=5 --cpu-percent=80
```

---

会自动创建一个复制控制器，复制个数范围为2~5，CPU利用率的目标值为80%。

注意，当使用复制控制器进行滚动升级时，横向扩展器并不会自动绑定到新创建的复制控制器上。

## 4.服务（Service）

Kubernetes主要面向的对象是持续运行，并且无状态（stateless）。服务的提出主要是要解决Pod地址可变的问题。由于Pod随时可能故障，并可能在其他节点上被重启起来，它的地址是不能保持固定的。因此，用一个服务来代表提供某一类功能（可以通过标签来筛选）的一些Pod，并分配不随Pod位置变化而改变的虚拟访问地址（Cluster IP）。这也符合微服务的理念。

比如网站的后端服务可能有多个Pod都运行了后端处理程序，它们可以组成一个服务。前端只需要通过服务的唯一虚拟地址来访问即可，而无需关心具体是访问到了哪个Pod。可见，服务跟负载均衡器实现的功能很相似。

组成一个服务的Pod可能属于不同复制控制器，但服务自身是不知

道复制控制器的存在的。

同样，服务也是一个REST对象，用户可以通过模板来定义一个服务资源：

---

```
{
  "kind": "Service",
  "apiVersion": "v1",
  "metadata": {
    "name": "web-service"
  },
  "spec": {
    "selector": {
      "app": "webApp"
    },
    "ports": [
      {
        "protocol": "TCP",
        "port": 80,
        "targetPort": 80
      }
    ]
  }
}
```

---

这个模板会筛选所有带有标签app: webApp的Pod，作为web-service，对外呈现的访问端口为80，映射到Pod的80端口上。

服务在创建后，会被自动分配一个集群地址（Cluster IP），这个地址并不绑定到任何接口，将作为访问服务的抽象地址。访问该地址会被映射到Pod的实际地址。实现上是通过kube-proxy进程。每个节点上都会运行一个kube-proxy进程，负责将到某个Service的访问给代理或者均衡到具体的Pod上去。同时，会为每一个服务都创建环境变量，指向集群地址；或者在DNS中注册该服务的集群地址。

也许会有用户考虑使用DNS方式来替代服务的集群IP机制，这是完全可以的，Kubernetes也提供了基于skydns的插件支持。但是要处理好DNS查找的缓存过期时间问题。当某个Pod发生变化时，要让客户端本地的DNS缓存过期。

另外，服务支持进行不同类型的健康检查（通过容器spec中的livenessProbe或ReadinessProbe字段定义），目前包括三种类型：

- 通过HTTP获取资源是否成功；
- 在容器中执行指定命令，返回值是否为0；
- 打开给定socket端口是否成功。

探测的结果可能为成功、失败或未知。其中LivenessProbe反映的是容器自身状态，如果配置了重启策略，则失败状态会触发自动重启；而ReadinessProbe字段用来反映容器内的服务是否可用。

## 27.2.3 辅助概念

### 1. 标签（Label）

标签是一组键值对，用来标记所绑定对象（典型的Pod）的识别属性，进而可以分类。比如name=apache|nginx、type=web|db、release=alpha|beta|stable、tier=frontend|backend等。另外，Label键支持通过/来添加前缀，可以用来标注资源的组织名称等。一般前缀不能超过253个字符，键名不能超过63个字符。

标签所定义的属性是不唯一的，这意味着不同资源可能带有相同的标签键值对。这些属性可以将业务的相关信息绑定到对象上，用来对资源对象进行分类和选择过滤。

### 2. 注解（Annotation）

注解跟标签很相似，也是一组键值对。不同的是，注解并不是为了分类资源对象，而是为了给对象增加更丰富的描述信息。这些信息是任意的，数据量可以很大，可以包括各种结构化、非结构化的数据。

常见的注解包括时间戳、发行信息、开发者信息等。

### 3. 选择器（Selector）

基于资源对象上绑定的标签信息，选择器可以通过指定标签键值对来过滤出一组特定的资源对象。选择器支持的语法包括：基于等式（Equality-based）的和基于集合（Set-based）的。

基于等式的选择，即通过指定某个标签是否等于某个值，例如env=production或者tier!=frontend等。多个等式可以通过AND逻辑组合在一起。

基于集合的选择，即通过指定某个标签的值是否在某个集合内，例如env in(staging, production)。

## 4.持久卷（PersistentVolume）

PersistentVolume即容器挂载的数据卷，有跟Pod一致的生命周期，Pod生存过程（包括重启）中，数据卷跟着存在；Pod退出，则数据卷跟着退出。

几个比较常见的数据卷类型包括：emptyDir、hostPath、gcePersistentDisk、awsElasticBlockStore、nfs、gitRepo、secret。

·emptyDir：当Pod创建的时候，在节点上创建一个空的挂载目录，挂载到容器内。当Pod从节点离开（例如删除掉）的时候，挂载目录内数据被自动删除掉。节点上的挂载位置可以为物理硬盘或内存。这一类的挂载适用于非持久化的存储，例如跟Pod任务相关的临时数据等。除此之外，其他存储格式大都是持久化的；

·hostPath：将节点上某已经存在的目录挂载到Pod中，Pod退出后，节点上的数据将保留；

·gcePersistentDisk：使用GCE的Persistent Disk服务，Pod退出后，数据会被保留；

·awsElasticBlockStore：使用AWS的EBS Volume服务，数据也会被持久化保留；

·nfs：使用nfs协议的网络存储，也是持久化数据存储；

·gitRepo：挂载一个空目录到Pod，然后clone指定的git仓库代码到里面，适用于直接从仓库中给定版本的代码来部署应用；

·secret：用来传递敏感信息（如密码等），基于内存的tmpfs，挂载临时秘密文件；

其他类型还包括iscsi、flocker、glusterfs、rbd、downwardAPI、FlexVolume、AzureFileVolume等。

持久化的存储以插件的形式提供为PersistentVolume资源，用户通过请求某个类型的PersistentVolumeClaim资源，来从匹配的持久化存储卷上获取绑定的存储。

资源定义仍然通过yaml或json格式的模板文件，例如定义一个持久化存储卷：

```
apiVersion: v1
kind: PersistentVolume
metadata:
  name: pv01
spec:
  capacity:
    storage: 100Gi
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  persistentVolumeReclaimPolicy: Recycle
  nfs:
    path: /tmp
    server: 192.168.0.2
```

## 5. 秘密数据（Secret）

秘密数据资源用来保存一些敏感的数据，这些数据（例如密码）往往不希望别的用户看到，但是在启动某个资源（例如Pod）的时候需要提供。通过把敏感数据放到Secret里面，用户只需要提供Secret的别名即可使用。

例如，我们希望通过环境变量传递用户名和密码信息到一个Pod中。

首先，将用户名和密码使用base64进行编码：

```
$ echo "admin" | base64
YWRTaW4K
$ echo "admin_pass" | base64
YWRTaW5fcGFZcw0=
```

编写一个Secret的对象模板，添加前面的base64编码数据：

```
apiVersion: v1
kind: Secret
metadata:
  name: test_secret
type: Opaque
data:
  password: YWRTaW5fcGFZcw0=
  username: YWRTaW4K
```

通过kubectl创建秘密数据对象test\_secret：

```
$ kubectl create -f ./secret.yaml
secret "test_secret" created
```

## 通过环境变量在Pod中使用秘密数据：

---

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: secret-test-pod
spec:
  containers:
    - name: test-container
      image: nginx
      env:
        - name: SECRET_USERNAME
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: test_secret
              key: username
        - name: SECRET_PASSWORD
          valueFrom:
            secretKeyRef:
              name: test_secret
              key: password
  restartPolicy: Never
```

---

在对应容器（secret-test-pod.test-container）内，通过环境变量\$SECRET\_USERNAME和\$SECRET\_PASSWORD即可获取到原始的用户名和密码信息。

此外，还可以采用数据卷的方式把秘密数据的值以文件形式放到容器内。通常，秘密数据不要超过1MB。

在整个过程中，只有秘密数据的所有人和最终运行的容器（准确的说，需要是同一个服务账号下面的）能获取原始敏感数据，只接触到Pod定义模板的人是无法获取到的。

## 6.UID和名字（Name）

Kubernetes用UID和名字来标识对象。其中，UID是全局唯一的，并且不能复用；而名字则仅仅要求对某种类型的资源（在同一个命名空间内）内是唯一的，并且当某个资源移除后，其名字可以被新的资源复用。

这意味着，可以创建一个Pod对象，命名为test，同样可以创建一个复制控制器，命名也为test。一般名字字符串的长度不要超过253个字符。

## 7.命名空间（Namespace）

命名空间用来隔离不同用户的资源，类似租户或项目的概念。同一个命名空间内资源不允许重名，但不同命名空间之间，允许存在重名。



用户在创建资源的时候可以通过--namespace=<some\_namespace>来指定所属的命名空间。

Kubernetes集群启动后，会保留两个特殊的命名空间：

- default：资源未指定命名空间情况下，默认属于该空间；
- kube-system：由Kubernetes系统自身创建的资源。

另外，大部分资源都属于某个命名空间，但部分特殊资源，如节点、持久存储等不属于任何命名空间。

## 27.3 快速体验

目前，Kubernetes支持在多种环境下的安装，包括本地主机（Fedora）、云服务（Google GAE、AWS等），但最快速体验Kubernetes的方式显然是在本地通过Docker容器的方式来快速启动相关进程。

图27-2来自Kubernetes官方，展示了在单节点上使用Docker快速部署一套Kubernetes的拓扑。

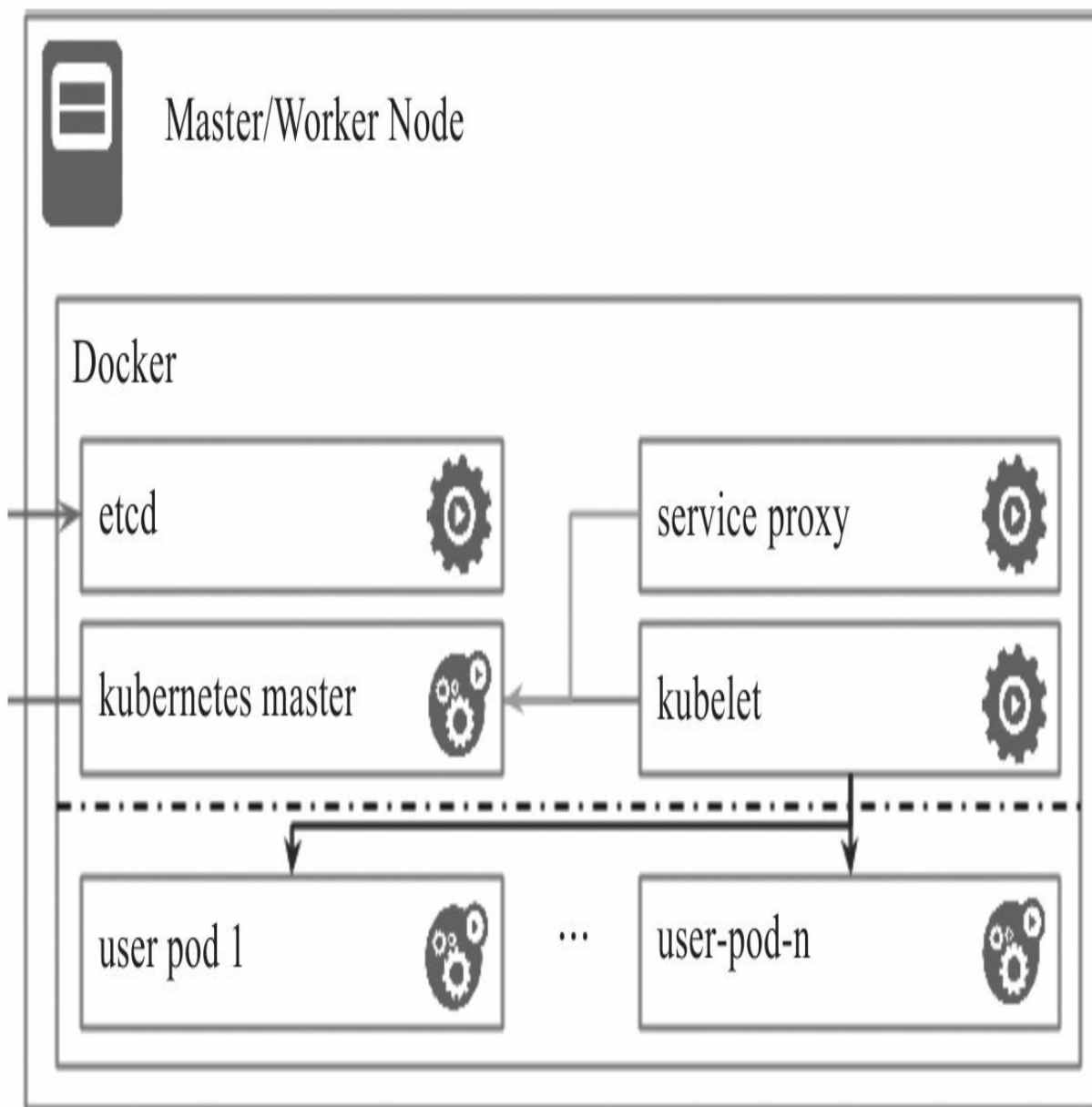


图27-2 在Docker中启动Kubernetes

### 1. 依赖镜像

Kubernetes通过Docker容器方式部署依赖的镜像包括：

- gcr.io/google\_containers/hyperkube：提供所有的Kubernetes组件支持；
- gcr.io/google\_containers/etcd：提供Etcd数据库存储；

·gcr.io/google\_containers/pause: 一个轻量级的基础设施容器（不到1MB），用于为每个pod提前创建命名空间，其他什么也不做。

## 2.启动服务

首先，查看目前gcr.io/google\_containers/hyperkube可选版本信息：

---

```
$ curl -k -s -X GET https://gcr.io/v2/google_containers/hyperkube-amd64/tags/
list | jq -r '.tags[]'
v1.2.0
v1.2.0
v1.2.0-alpha.6
v1.2.0-alpha.7
v1.2.0-alpha.8
v1.2.0-beta.0
v1.2.0-beta.1
v1.2.1-beta.0
v1.3.0-alpha.0
```

---

这里选用较新的稳定版本v1.2.0。

本地启动etcd服务，监听到默认的4001端口。读者可自行查阅前面的第22章。也可以使用容器方式快速启动etcd服务：

---

```
$ docker run -d -p 4001:4001 gcr.io/google_containers/etcd
```

---

最后，可以通过如下命令来一次性部署并启动Kubernetee需要的所有服务：

---

```
$ docker run \
  --volume=:/rootfs:ro \
  --volume=/sys:/sys:ro \
  --volume=/var/lib/docker:/var/lib/docker:rw \
  --volume=/var/lib/kubelet:/var/lib/kubelet:rw \
  --volume=/var/run:/var/run:rw \
  --net=host \
  --pid=host \
  --privileged=true \
  -d \
  gcr.io/google_containers/hyperkube-amd64:v1.2.0 \
  /hyperkube kubelet \
  --containerized \
  --hostname-override="127.0.0.1" \
  --address="0.0.0.0" \
  --api-servers=http://localhost:8080 \
  --config=/etc/kubernetes/manifests \
  --cluster-dns=10.0.0.10 \
  --cluster-domain=cluster.local \
  --allow-privileged=true --v=2
```

---

执行后查看本地实际启动容器，包括5个容器：1个kubelet容器和1个主服务Pod（包括apiserver、scheduler、controller-manager和pause）：

---

```
$ docker ps
CONTAINER ID      IMAGE
```

---

COMMAND NAMES	CREATED	STATUS	PORTS
7960d23a6020 gcr.io/google_containers/hyperkube:v1.2.0 "/hyperkube scheduler" 2 minutes ago Up 2 minutes k8s_scheduler.eafafaf4_k8s-master-127.0.0.1_default_ba6eae9669ef0a03a0aa48b2f9df36a2_0c4d9e51			
5d59975ec667 gcr.io/google_containers/hyperkube:v1.2.0 "/hyperkube apiserver" 2 minutes ago Up 2 minutes k8s_apiserver.ffc11af8_k8s-master-127.0.0.1_default_ba6eae9669ef0a03a0aa48b2f9df36a2_8087ddee			
95644df5cc66 gcr.io/google_containers/hyperkube:v1.2.0 "/hyperkube controlle" 2 minutes ago Up 2 minutes k8s_controller-manager.672e021d_k8s-master-127.0.0.1_default_ba6eae9669ef0a03a0aa48b2f9df36a2_b767d196			
ce8ac7c6f23a gcr.io/google_containers/pause:0.8.0 "/pause" 2 minutes ago Up 2 minutes k8s_POD.6d00e006_k8s-master-127.0.0.1_default_ba6eae9669ef0a03a0aa48b2f9df36a2_affaf05b			
a063f246cd42 gcr.io/google_containers/hyperkube-amd64:v1.2.0 "/hyperkube kubelet -" 2 minutes ago Up 2 minutes gigantic_kalam			

实际上，Pod中的各个容器是在hyperkube-amd64: v1.2.0镜像中的/etc/kubernetes/manifests/master文件指定的，内容如下。注意不同版本镜像的文件内容可能略有不同：

```
{
  "apiVersion": "v1",
  "kind": "Pod",
  "metadata": {"name": "k8s-master"},
  "spec": {
    "hostNetwork": true,
    "containers": [
      {
        "name": "controller-manager",
        "image": "gcr.io/google_containers/hyperkube:v1.2.0",
        "command": [
          "/hyperkube",
          "controller-manager",
          "--master=127.0.0.1:8080",
          "--v=2"
        ]
      },
      {
        "name": "apiserver",
        "image": "gcr.io/google_containers/hyperkube:v1.2.0",
        "command": [
          "/hyperkube",
          "apiserver",
          "--service-cluster-ip-range=10.0.0.1/24",
          "--address=127.0.0.1",
          "--etcd-servers=http://127.0.0.1:4001",
          "--cluster-name=kubernetes",
          "--v=2"
        ]
      },
      {
        "name": "scheduler",
        "image": "gcr.io/google_containers/hyperkube:v1.2.0",
        "command": [
          "/hyperkube",
          "scheduler",
          "--master=127.0.0.1:8080",
          "--v=2"
        ]
      }
    ]
  }
}
```

### 3.测试状态

此时，在主机访问本地访问8080端口，将获取到支持的部分API列表：

```
$ curl localhost:8080
{
  "paths": [
    "/api",
    "/api/v1",
    "/apis",
    "/apis/extensions",
    "/apis/extensions/v1beta1",
    "/healthz",
    "/healthz/ping",
    "/logs/",
    "/metrics",
    "/resetMetrics",
    "/swagger-ui/",
    "/swaggerapi/",
    "/ui/",
    "/version"
  ]
}
```

---

例如，可以查看版本信息：

---

```
$ curl localhost:8080/version
{
  "major": "1",
  "minor": "1",
  "gitVersion": "v1.2.0",
  "gitCommit": "5cb86ee022267586db386f62781338b0483733b3",
  "gitTreeState": "clean"
}
```

---

通过/api/v1可以获取支持的API资源列表，例如：

---

```
$ curl localhost:8080/api/v1
{
  "kind": "APIResourceList",
  "groupVersion": "v1",
  "resources": [
    {
      "name": "bindings",
      "namespaced": true
    },
    {
      "name": "componentstatuses",
      "namespaced": true
    },
    {
      "name": "endpoints",
      "namespaced": true
    },
    ...
    {
      "name": "secrets",
      "namespaced": true
    },
    {
      "name": "serviceaccounts",
      "namespaced": true
    },
    {
      "name": "services",
      "namespaced": true
    }
  ]
}
```

---

用户还可以进一步通过这些API对相关资源进行CRUD操作。

当然，除了API方式之外，Kubernetes也提供了现成的客户端操作命令：**kubectl**，将在后面27.6节进行介绍。

## 27.4 安装部署

Kubernetes安装包括两种模式，一种是使用自带的脚本，另一种是手动进行配置。

用Kubernetes本地手动部署多节点情况相对复杂，需要提前理解其基本原理和各个组件。

### 1.使用脚本安装

Kubernetes提供了自带的本地部署脚本（支持Ubuntu 14.04 LTS系统），其中包括三个节点：一个Master+Node，两个Node。通过Flannel方案作为后端网络实现。

#### （1）预配置

所有节点上需要安装Docker和bridge-utils，并且Master节点需要能访问到外网下载必要的软件包，Node节点需要有启动Pod所需要的Docker镜像。

下载kubernetes代码包，并切换到稳定版本，如release-1.2:

---

```
$ git clone https://github.com/kubernetes/kubernetes.git --depth=1
$ git checkout release-1.2
$ cd kubernetes/cluster/ubuntu/
```

---

配置信息在config-default.sh文件中。

修改下面一行为你的本地节点的实际用户名和地址:

---

```
export nodes=${nodes:-"vcap@10.10.103.250 vcap@10.10.103.162 vcap@10.10.103.223"}
```

---

这里分别更新为本地实际节点地址:

---

```
export nodes=${nodes:-"ubuntu@192.168.122.22 ubuntu@192.168.122.177 ubuntu@192.168.122.8"}
```

---

修改下面一行为你需要的配置角色，a代表Master，i代表Node，会

对应到上面指定的服务器列表：

```
role=${role:-"ai i i"}
```

用户可以自行配置服务使用的集群地址范围，默认为192.168.3.0/24：

```
export SERVICE_CLUSTER_IP_RANGE=192.168.3.0/24
```

另外，还有flannel的数据网地址范围，默认为172.16.0.0/16：

```
export FLANNEL_NET=172.16.0.0/16
```

## （2）开始安装

配置完成后进入上层的kubernetes/cluster/目录，执行安装脚本kube-up.sh。

该脚本会自动下载flannel、etcd、kubernetes等的压缩包（下载过程可能比较慢，推荐提前下载好，具体参考ubuntu/download-release.sh脚本），然后对各个节点进行配置，最后对启动后的集群进行校验，确保安装成功：

```
$ cd ..
$ KUBERNETES_PROVIDER=ubuntu ./kube-up.sh
... Starting cluster using provider: ubuntu
... calling verify-prereqs
Identity added: /home/ubuntu/.ssh/id_rsa (/home/ubuntu/.ssh/id_rsa)
... calling kube-up
~/kubernetes/cluster/ubuntu ~/kubernetes/cluster
Prepare flannel 0.5.5 release ...
Prepare etcd 2.2.1 release ...
Prepare kubernetes 1.2.0 release ...
...
Wrote config for ubuntu to /home/ubuntu/.kube/config
... calling validate-cluster
Found 3 node(s).


| NAME            | LABELS                                 | STATUS | AGE       |
|-----------------|----------------------------------------|--------|-----------|
| 192.168.122.177 | kubernetes.io/hostname=192.168.122.177 | Ready  | <invalid> |
| 192.168.122.22  | kubernetes.io/hostname=192.168.122.22  | Ready  | <invalid> |
| 192.168.122.8   | kubernetes.io/hostname=192.168.122.8   | Ready  | <invalid> |


Validate output:


| NAME               | STATUS  | MESSAGE            | ERROR |
|--------------------|---------|--------------------|-------|
| controller-manager | Healthy | ok                 | nil   |
| scheduler          | Healthy | ok                 | nil   |
| etcd-0             | Healthy | {"health": "true"} | nil   |


Cluster validation succeeded
Done, listing cluster services:
Kubernetes master is running at http://192.168.122.22:8080
```

由于我们指定了KUBERNETES\_PROVIDER=ubuntu，该脚本实际



上调用的是ubuntu目录下的脚本。

部署成功后，kubeconfig文件在用户目录下的.kube/config中，记录了集群的访问信息和认证信息，例如：

```
apiVersion: v1
clusters:
- cluster:
    insecure-skip-tls-verify: true
    server: http://192.168.122.22:8080
    name: ubuntu
contexts:
- context:
    cluster: ubuntu
    user: ubuntu
    name: ubuntu
current-context: ubuntu
kind: Config
preferences: {}
users:
- name: ubuntu
  user:
    password: EFMxYr1UurQuL4TB
    username: admin
```

此时，可以通过kubernetes/cluster/ubuntu/binaries目录下的kubectl客户端跟集群进行交互，例如：

```
$ cd ubuntu/binaries
$ ./kubectl version
Client Version: version.Info{Major:"1", Minor:"2", GitVersion:"v1.2.0", GitCommit:
"5cb86ee022267586db386f62781338b0483733b3", GitTreeState:"clean"}
Server Version: version.Info{Major:"1", Minor:"2", GitVersion:"v1.2.0", GitCommit:
"5cb86ee022267586db386f62781338b0483733b3", GitTreeState:"clean"}
$ ./kubectl get nodes
NAME                STATUS    AGE
192.168.122.177     Ready    26m
192.168.122.22      Ready    1h
192.168.122.8       Ready    25m
$ ./kubectl get services
NAME                CLUSTER_IP    EXTERNAL_IP    PORT(S)    SELECTOR    AGE
kubernetes          192.168.3.1    <none>         443/TCP    <none>      1h
```

该目录下还包括集群各个节点上使用的二进制服务文件：

```
$ tree .
.
├── kubectl
├── manager
├── etcd
├── etcdctl
├── flannel
├── kubelet
├── kube-proxy
├── kube-scheduler
├── minion
├── kube-apiserver
└── kube-controller-
```

### (3) Master节点服务

Master节点（同时也是Node节点）上服务包括kube-apiserver、kube-scheduler、kube-controller-manager、kubelet和kube-proxy：

```
$ ps aux|grep kube
root      29960  0.6  3.5  88080 72356 ?        Ssl  14:56   0:13
/opt/bin/kube-apiserver --insecure-bind-address=0.0.0.0 --insecure-port=8080
```

```
--etcd-servers=http://127.0.0.1:4001 --logtostderr=true --service-cluster-ip-range=192.168.3.0/24 --admission-control=NamespaceLifecycle,LimitRanger,ServiceAccount,ResourceQuota,SecurityContextDeny --service-node-port-range=30000-32767 --advertise-address=192.168.122.22 --client-ca-file=/srv/kubernetes/ca.crt --tls-cert-file=/srv/kubernetes/server.cert --tls-private-key-file=/srv/kubernetes/server.key
root 29961 0.3 1.7 49276 34508 ? Ssl 14:56 0:07
/opt/bin/kube-controller-manager --master=127.0.0.1:8080 --root-ca-file=/srv/kubernetes/ca.crt --service-account-private-key-file=/srv/kubernetes/server.key --logtostderr=true
root 29962 0.0 1.1 34796 23484 ? Ssl 14:56 0:00
/opt/bin/kube-scheduler --logtostderr=true --master=127.0.0.1:8080
root 29978 0.4 2.0 459496 41172 ? Ssl 14:56 0:10
/opt/bin/kubelet --hostname-override=192.168.122.22 --api-servers=http://192.168.122.22:8080 --logtostderr=true --cluster-dns=192.168.3.10 --cluster-domain=cluster.local --config=
root 29981 0.0 0.9 29232 19428 ? Ssl 14:56 0:00
/opt/bin/kube-proxy --hostname-override=192.168.122.22 --master=http://192.168.122.22:8080 --logtostderr=true
```

---

## (4) Node节点服务

Node节点上服务则简单的多，包括kubelet和kube-proxy:

---

```
$ ps aux|grep kube
root 11347 0.5 2.1 418548 43352 ? Ssl 14:57 0:11
/opt/bin/kubelet --hostname-override=192.168.122.177 --api-servers=http://192.168.122.22:8080 --logtostderr=true --cluster-dns=192.168.3.10 --cluster-domain=cluster.local --config=
root 11348 0.0 0.9 29232 19644 ? Ssl 14:57 0:00
/opt/bin/kube-proxy --hostname-override=192.168.122.177 --master=http://192.168.122.22:8080 --logtostderr=true
```

---

## (5) 管理脚本

kubernetes/cluster也提供了其他方面用户进行操作的管理脚本，主要包括:

- kube-up.sh部署一个kubernetes集群;
- kube-down.sh停止一个kubernetes集群;
- kubectl.sh通过kubectl命令来对集群发出指令;
- kube-push.sh升级一个已有的集群到指定版本;
- validate-cluster.sh执行一些校验操作，确保集群启动成功;
- get-kube-local.sh快速部署一个单节点的本地集群。

## (6) 配置DNS

DNS服务在Kubernetes中以addon形式存在，可以在集群启动后选择

添加，以Pod形式运行在集群中。Kubernetes代码包中自带了若干addon，都在cluster/addons/目录下，包括了DNS、dashboard、负载均衡、监控等。

配置选项仍然在kubernetes/cluster/ubuntu/config-default.sh文件中，相关配置包括：

---

```
# Optional: Install cluster DNS.
ENABLE_CLUSTER_DNS="${KUBE_ENABLE_CLUSTER_DNS:-true}"
# DNS_SERVER_IP must be a IP in SERVICE_CLUSTER_IP_RANGE
DNS_SERVER_IP=${DNS_SERVER_IP:-"192.168.3.10"}
DNS_DOMAIN=${DNS_DOMAIN:-"cluster.local"}
DNS_REPLICAS=${DNS_REPLICAS:-1}
```

---

更新配置后，执行如下命令，会自动创建默认的kube-system命名空间，并启动一个skydns的Pod：

---

```
$ cd cluster/ubuntu
$ KUBERNETES_PROVIDER=ubuntu ./deployAddons.sh
Creating kube-system namespace...
namespace "kube-system" created
The namespace 'kube-system' is successfully created.
Deploying DNS on Kubernetes
replicationcontroller "kube-dns-v11" created
service "kube-dns" created
Kube-dns rc and service is successfully deployed.
Creating Kubernetes Dashboard replicationController
replicationcontroller "kubernetes-dashboard-v1.0.0" created
Creating Kubernetes Dashboard service
service "kubernetes-dashboard" created
```

---

Node上实际需要依赖的Docker镜像包括  
gcr.io/google\_containers/exechealthz: 1.0、  
gcr.io/google\_containers/kube2sky: 1.14、gcr.io/google\_containers/etcd-amd64: 2.2.1、gcr.io/google\_containers/pause: 2.0。



注意

第一次创建Pod的时候，如果本地没有gcr.io/google\_containers/pause: 2.0镜像，会自动下载。如果出现下载超时问题，可以自行搜索镜像tar包，通过docker load命令来添加到各个Node节点上。建议本地提前准备好gcr.io相关的镜像。

## (7) 配置Web UI

修改配置文件kubernetes/cluster/ubuntu/config-default.sh，相关配置包括：

---

```
ENABLE_CLUSTER_UI="{KUBE_ENABLE_CLUSTER_UI:-true}"
```

---

同样，更新配置后，执行如下命令，会自动创建默认的kube-system命名空间，并启动一个kubernetes-dashboard的Pod：

---

```
$ cd cluster/ubuntu
$ KUBERNETES_PROVIDER=ubuntu ./deployAddons.sh
```

---

实际上是调用如下命令来启动服务：

---

```
$ kubectl create -f cluster/addons/dashboard/dashboard-controller.yaml --namespace=
kube-system
$ kubectl create -f cluster/addons/dashboard/dashboard-service.yaml --namespace=
kube-system
```

---

Node上依赖的Docker镜像包括gcr.io/google\_containers/kubernetes-dashboard-amd64: v1.0.0、gcr.io/google\_containers/pause: 2.0。

dashboard服务提供了一个简单的Web管理界面，如图27-3所示。

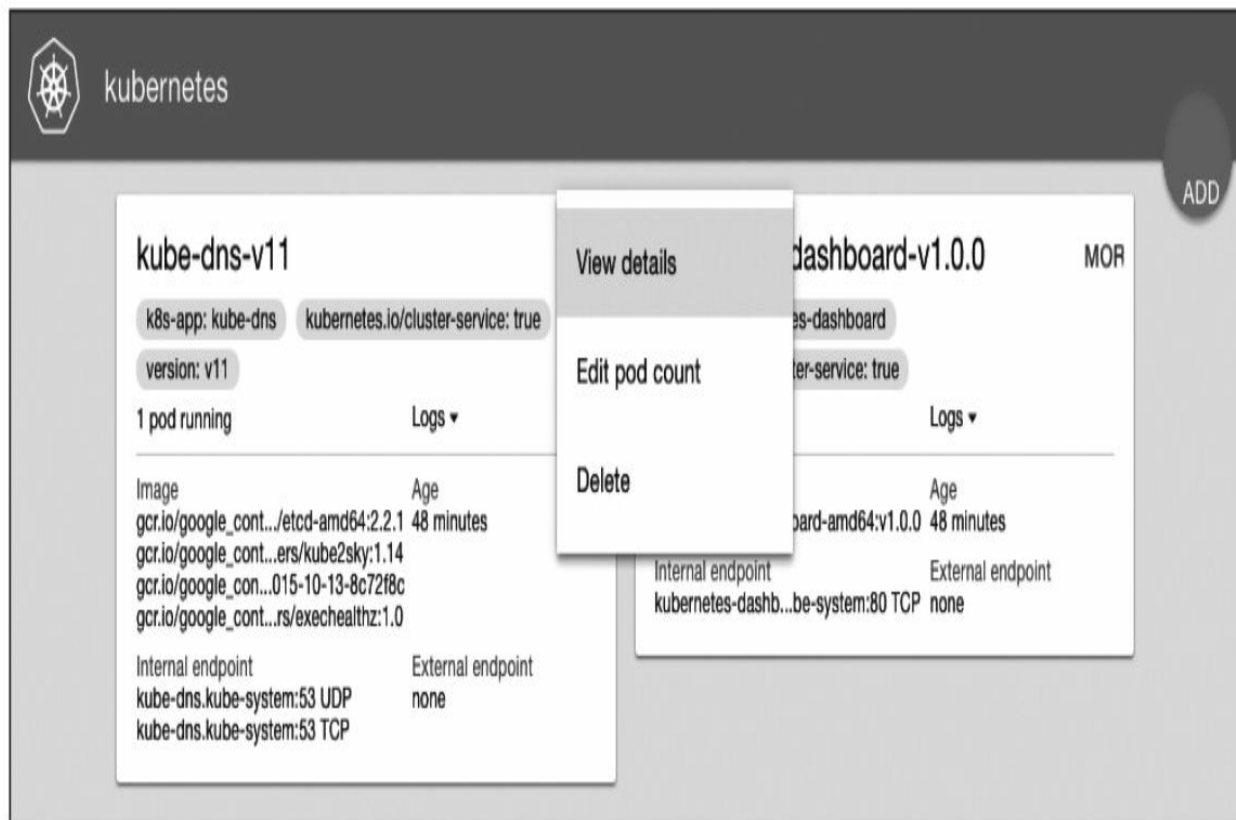


图27-3 Kubernetes的Web管理界面

## （8）查看相关信息

首先，查看集群的信息，显示API服务地址和启动服务的地址：

```
$ ./kubectl cluster-info
Kubernetes master is running at http://192.168.122.22:8080
KubeDNS is running at http://192.168.122.22:8080/api/v1/proxy/namespaces/kube-system/services/kube-dns
kubernetes-dashboard is running at http://192.168.122.22:8080/api/v1/proxy/namespaces/kube-system/services/kubernetes-dashboard
```

查看启动的服务列表，可见dns和dashboard服务分别被分配了一个虚拟的ClusterIP：192.168.3.10和192.168.3.231：

```
$ ./kubectl get services --namespace=kube-system
NAME                CLUSTER-IP    EXTERNAL-IP    PORT(S)          AGE
kube-dns             192.168.3.10  <none>         53/UDP, 53/TCP   3m
kubernetes-dashboard 192.168.3.231 <none>         80/TCP           3m
```

可以进一步用如下命令获取各个Pod的详细信息：

```
$ ./kubect1 get pods --namespace=kube-system -o json
```

在Pod所在的Node节点上，可以查看iptables规则，查看访问对应服务的流量被映射到相应端口。例如访问dashboard服务的ClusterIP 192.168.3.231:80，最终被映射到了Pod地址172.16.72.2:9090：

```
$ sudo iptables -nvl -t nat
...
Chain KUBE-SEP-2NKLTCPMR5LPTJA4 (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-MARK-MASQ  all  -- *      *      172.16.75.2        0.0.0.0/0          /* kube-system/kube-
dns:dnstcp */
  0      0 DNAT            tcp  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-system/kube-
dns:dnstcp */ tcp to:172.16.75.2:53
Chain KUBE-SEP-5TZPVMQGISGQSOMF (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-MARK-MASQ  all  -- *      *      172.16.75.2        0.0.0.0/0          /* kube-system/kube-
- *      *      192.168.122.22    0.0.0.0/0          /* default/kubernetes:https */
  0      0 DNAT            tcp  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* default/kubernetes:https */ tcp to:192.168.122.22:6443
Chain KUBE-SEP-OR5WFLXGZDSJPSIA (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-MARK-MASQ  all  -- *      *      172.16.72.2        0.0.0.0/0          /* kube-system/kubernetes-
dashboard: */
  0      0 DNAT            tcp  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-system/kubernetes-
dashboard: */ tcp to:172.16.72.2:9090
Chain KUBE-SEP-RZ3OQFEV4V6Q3AN2 (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-MARK-MASQ  all  -- *      *      172.16.75.2        0.0.0.0/0          /* kube-system/kube-
dns:dnstcp */
  0      0 DNAT            udp  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-system/kube-
dns:dnstcp */ udp to:172.16.75.2:53
Chain KUBE-SERVICES (2 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-SVC-TCOU7JCQXEZGVUNU  udp  -- *      *      192.168.3.1        0.0.0.0/0          /* default/kubernetes:https cluster IP */ tcp dpt:443
  0      0 KUBE-SVC-ERIFXISQEP7F70F4  tcp  -- *      *      0.0.0.0/0          192.168.3.10       /* kube-
system/kube-dns:dnstcp cluster IP */ tcp dpt:53
  0      0 KUBE-SVC-XGLOHA7QRQ3V22RZ  tcp  -- *      *      0.0.0.0/0          192.168.3.231      /* kube-
system/kubernetes-dashboard: cluster IP */ tcp dpt:80
  0      0 KUBE-NODEPORTS  all  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-
DRTYPE match dst-type LOCAL
Chain KUBE-SVC-ERIFXISQEP7F70F4 (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-SEP-2NKLTCPMR5LPTJA4  all  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-
system/kube-dns:dnstcp */
Chain KUBE-SVC-NPX46M4PTMTKR6Y (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-SEP-5TZPVMQGISGQSOMF  all  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* default/kubernetes:https */
Chain KUBE-SVC-TCOU7JCQXEZGVUNU (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-SEP-RZ3OQFEV4V6Q3AN2  all  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-
system/kube-dns:dnstcp */
Chain KUBE-SVC-XGLOHA7QRQ3V22RZ (1 references)
  pkts bytes target      prot opt in     out    source            destination
  0      0 KUBE-SEP-OR5WFLXGZDSJPSIA  all  -- *      *      0.0.0.0/0          0.0.0.0/0          /* kube-
system/kubernetes-dashboard: */
```

## 2.手动本地配置

如果要在本地手动安装，需要对环境进行一系列自定义的配置。实践中不推荐大家自定安装，但通过了解这个过程可以加深对Kubernetes各个组件功能的理解。

### (1) Node节点配置

首先，要取消Docker-Engine对本地的网络接管，删除默认的docker0网桥：

---

```
$ sudo iptables -t nat -F
$ ifconfig docker0 down
$ brctl delbr docker0
```

---

另外，在Docker服务中修改默认的网桥信息，如果使用VXLAN这样的overlay方案，还需要修改MTU：

---

```
DOCKER_OPTS="-H tcp://127.0.0.1:4243 -H unix:///var/run/docker.sock --bip=
172.16.21.1/24 --mtu=1450"
```

---

## （2）下载组件文件

Kubernetes也提供了Linux平台上预编译好的各个组件文件，方便搭建本地集群。

从github.com/kubernetes/kubernetes/releases/latest下载编译好的二进制执行包kubernetes.tar.gz，并解压。这里以1.2.0版本为例，其他版本需要替换地址中版本号为对应版本号。

对应操作如下：

---

```
$ curl -L https://github.com/kubernetes/kubernetes/releases/download/v1.2.0/
kubernetes.tar.gz > kubernetes.tar.gz
$ tar xzvf kubernetes.tar.gz
```

---

解压后，进入kubernetes/server/子目录下，并解压kubernetes-server-linux-amd64.tar.gz文件，查看其子目录kubernetes/server/bin下的文件：

---

```
$ cd kubernetes/server/ && tar xzvf kubernetes-server-linux-amd64.tar.gz
$ ls kubernetes/server/bin
hyperkube          kube-apiserver.tar      kube-scheduler.tar
kube-controller-manager.tar  kube-proxy              kube-scheduler
kube-apiserver     kube-controller-manager linkcheck
kubect1            kube-scheduler          kube-controller-manager.docker_tag
kube-apiserver.docker_tag  kube-controller-manager.docker_tag
kubelet            kube-scheduler.docker_tag
```

---

可以看到，核心组件的执行文件都在这里了。其中，hyperkube将所有的组件打包在了一起，可以通过子命令来指定作为某个组件运行。例如

```
$ hyperkube kubelet ...
```

---

等价于直接运行了kubelet组件。

### (3) Master节点

首先来配置Master节点，主要包括etcd、kube-apiserver、kube-scheduler、kube-controller-manager等。用户也可以启动其他组件。

1) 本地启动etcd服务，监听到默认的4001端口。读者可自行查阅前面的第22章。

---

```
$ etcd
```

---

2) kube-apiserver配置，通过下面命令启动一个kube-apiserver，监听在本地的非安全端口10.0.100.88: 8080。该命令没有启用安全端口，所以可能会有警告信息，这里暂时忽略：

---

```
$ kube-apiserver --service-cluster-ip-range=10.0.0.1/24 --etcd-servers=
http://127.0.0.1:4001 --insecure-bind-address=10.0.100.88
```

---

此时，从其他节点应该可以通过<http://10.0.100.88:8080>地址访问到API列表信息。

3) kube-scheduler配置，只需要指定Master的API监听地址：

---

```
$ kube-scheduler --master=10.0.100.88:8080 --address=10.0.100.88
```

---

4) kube-controller-manager配置，只需要指定Master的API监听地址：

---

```
$ kube-controller-manager --master=10.0.100.88:8080 --address=10.0.100.88
```

---

### (4) Node节点

Node节点要简单得多，主要包括kubelet和kube-proxy两个组件。



用下面命令可以启动kubelet:

```
$ sudo kubelet --address="0.0.0.0" --api-servers=http://10.0.100.88:8080 --  
configure-cbr0=true
```

此时，可以通过API查看到注册上来的Node节点了:

```
$ kubectl -s 10.0.100.88:8080 get nodes
```

NAME	LABELS	STATUS
host-99	kubernetes.io/hostname=host-99	Ready

用下面命令可以启动kube-proxy:

```
$ sudo kube-proxy --master=10.0.100.88:8080
```

## 27.5 重要组件

如果现在从头设计一套容器集群管理平台，可能不同人最终设计出来的方案是不相同的，但相信大部分都能想到如下几个方面的需求：

- 要采用分布式架构，保证良好的可扩展性；
- 控制平面要实现逻辑上的集中，数据平面要实现物理上的分布；
- 得有一套资源调度系统，负责所有的资源调度工作，要容易插拔；
- 对资源对象要进行抽象，所有资源要能实现高可用性。

Kubernetes中的节点包括两种类型：**Master**节点负责控制，**Node**节点负责干活，各自又通过若干组件组合来实现。

**Master**节点上组件主要有Etcd、apiserver、scheduler、controller-manager，以及ui、DNS等可选插件：

- Etcd**：作为数据库，存放所有集群相关的数据；
- kube-apiserver**：Kubernetes系统的对外接口，提供RESTful API供客户端和其他组件调用，支持水平扩展。
- kube-scheduler**：负责对资源进行调度，具体负责分配某个请求的Pod到某个节点上；
- kube-controller-manager**：对不同资源的管理器，包括节点管理器、复制管理器、服务管理器、权限管理等；
- kube-ui**：自带的一套用来查看集群状态的Web界面；
- DNS**：记录启动的容器组和服务地址；

其他组件：包括容器资源使用监控、日志记录、**setup**脚本等。这些组件可以任意部署在相同或者不同机器上，只要可以通过标准的HTTP接口相互访问到即可，这意味着对Kubernetes的管理组件进行扩展将变

得十分简单。

Node节点上主要包括kubelet、kube-proxy、容器引擎和一些辅助组件：

- kubelet**：节点上最主要的工作代理，汇报节点状态并实现容器组的生命周期管理；

- kube-proxy**：代理对抽象的应用地址的访问，负责配置正确的转发规则；

- 容器引擎**：本地的容器依赖，目前支持Docker和rkt；

- 辅助组件**：supervisord用来保持kubelet和docker进程运行，fluentd用来转发日志等。

下面分别介绍这些组件的作用和基本用法。

### 27.5.1 Etcd

Kubernetes依赖Etcd数据库服务来记录所有节点和资源的状态。可以说，Etcd是Kubernetes集群中最重要的组件。apiserver的大量功能都是通过跟Etcd进行交互来实现。关于Etcd数据库的详细信息，请参考之前的第22章。

### 27.5.2 kube-apiserver

作为REST API服务端，kube-apiserver接收来自客户端和其他组件的请求，更新Etcd中的数据，是响应对API资源操作的最前端组件。一般推荐部署多个kube-apiserver来提高可用性。

可以通过kube-apiserver-h命令查看服务端支持的参数选项，其中比较重要的配置选项参见表27-1。

表27-1 kube-apiserver配置选项

选 项	说 明
<code>--advertise-address=</code>	其他成员可以访问 apiserver 的地址，默认跟 <code>--bind-address</code> 相同
<code>--allow-privileged[=false]</code>	是否允许容器获取特权权限
<code>--bind-address=0.0.0.0</code>	提供服务的端口，包括 <code>--read-only-port</code> 和 <code>--secure-port</code> ports，默认是 0.0.0.0
<code>--cert-dir="/var/run/kubernetes"</code>	启用了 TLS 情况下，证书目录路径
<code>--cluster-name="kubernetes"</code>	集群别名
<code>--etcd-config=""</code>	etcd 客户端配置文件，跟 <code>--etcd-servers</code> 只能同时使用一个
<code>--etcd-prefix="/registry"</code>	etcd 中存储资源信息的路径前缀
<code>--etcd-servers=[]</code>	etcd 服务地址，跟 <code>--etcd-config</code> 只能同时使用一个
<code>--insecure-bind-address=127.0.0.1</code>	非安全的绑定地址
<code>--insecure-port=8080</code>	非安全的监听端口，一般需要放在防火墙后面
<code>--kubelet-port=10250</code>	kubelet 端口
<code>--master-service-namespace= "default"</code>	master 服务处理 Pod 的默认命名空间
<code>--max-connection-bytes-per-sec=0</code>	对连接进行限速
<code>--max-requests-inflight=400</code>	最大正在处理的请求数，超过则对新到请求拒绝
<code>--profiling[=true]</code>	是否启用 profiling 功能，在 <code>host:port/debug/pprof/</code> 显示调试信息
<code>--secure-port=6443</code>	安全端口，启用了 TLS 认证；
<code>--service-cluster-ip-range=</code>	服务虚地址（Cluster IP）的网段，不要跟物理地址冲突
<code>--tls-cert-file=""</code>	x509 证书文件
<code>--tls-private-key-file=""</code>	x509 私钥文件，需要跟 <code>--tls-cert-file</code> 匹配

### 27.5.3 kube-scheduler

**kube-scheduler**负责具体的资源调度工作，对节点进行筛选和过滤。当收到资源请求后，负责按照调度策略选择最合适的节点运行Pod。

**kube-scheduler**是以插件形式存在的，支持各种复杂的调度策略，确保Kubernetes集群服务的性能和高可用性。**kube-scheduler**在调度上考虑服务质量、软硬件限制、（抗）亲和性（affinity）、locality、工作负载交互等多个方面。

可以通过**kube-scheduler-h**命令查看支持的参数选项，其中比较重要的配置选项参见表27-2。

表27-2 kube-scheduler配置选项

选 项	说 明
--address=127.0.0.1	服务监听地址
--algorithm-provider="DefaultProvider"	调度算法，目前支持 DefaultProvider
--alsologtostderr[=false]	日志打印到文件的同时，打印到标准错误输出
--bind-pods-burst=100	每秒钟最多突发处理的绑定操作
--bind-pods-qps=50	每秒钟最多持续处理的绑定操作
--kubeconfig=""	kubeconfig 文件路径，包括 Master 位置和认证信息
--master=""	Master 的 API 地址，会覆盖 kubeconfig 文件中可能的指定
--policy-config-file=""	调度策略（policy）配置文件
--port=10251	服务监听端口
--profiling[=true]	是否启用profiling，监听在 host:port/ debug/pprof/

## 27.5.4 kube-controller-manager

提供控制器服务，监视集群的状态，一旦不满足状态则采取操作，让状态恢复正常，常见的控制器包括：

- 复制（replication）控制器：确保指定Pod同时存在指定数目的实例；
- 端点（endpoint）控制器：负责Endpoints对象的创建，更新；
- 节点（Node）控制器：负责节点的发现，管理和监控；
- 命名空间（namespace）控制器：响应对命名空间的操作，如创建、删除等；
- 服务账户（ServiceAccounts）控制器：管理命名空间中的ServiceAccount，确保默认账户存在于每个正常的命名空间中。

可以通过`kube-controller-manager-h`命令查看支持的参数选项，其中比较重要的配置选项见表27-3。

表27-3 kube-controller-manager配置选项

选 项	说 明
<code>--address=127.0.0.1</code>	服务监听地址
<code>--allocate-node-cidrs[=false]</code>	分配绑定到各个节点上的 IP 地址范围
<code>--cluster-cidr=</code>	Pod IP 地址的 CIDR 范围
<code>--cluster-name="kubernetes"</code>	集群名称
<code>--concurrent-endpoint-syncs=5</code>	端点同步的并行操作数目，越多性能越好，也越占 CPU
<code>--concurrent-namespace-syncs=2</code>	命名空间同步的并行操作数目，越多性能越好，也越占 CPU
<code>--concurrent-resource-quota-syncs=5</code>	资源配额同步的并行操作数目，越多性能越好，也越占 CPU
<code>--concurrent-rc-syncs=5</code>	复制控制器同步的并行操作数目，越多性能越好，也越占 CPU
<code>--deleting-pods-burst=10</code>	节点发生故障时，同时突发删除 Pod 的节点数
<code>--deleting-pods-qps=0.1</code>	节点发生故障时，每秒钟删除 Pod 的节点数
<code>--deployment-controller-sync-period=30s</code>	同步部署的时间间隔
<code>--kubeconfig=""</code>	kubeconfig 文件路径
<code>--master=""</code>	Kubernet API 服务地址，如果 kubeconfig 中给定，则覆盖掉
<code>--node-monitor-period=5s</code>	NodeController 同步节点状态的时间间隔
<code>--port=10252</code>	服务监听端口
<code>--resource-quota-sync-period=10s</code>	资源配额同步的时间间隔

### 27.5.5 kubelet

kubelet是Node节点上最重要的工作程序，它是负责具体干活的，将给定的Pod运行在自己负责的节点上。

如果kubelet出现故障，则Kubernetes将用人工使该Node变得不可用。因此，在生产环节中推荐对kubelet进程进行监控，并通过诸如supervisord这样的软件来及时重启故障的进程。

另外，一般要通过--system-reserved和--kube-reserved参数为系统和Kubernetes组件预留出运行资源，避免耗尽后让节点挂掉。

可以通过kubelet-h命令查看支持的参数选项，其中比较重要的配置选项见表27-4。

表27-4 kubelet配置选项

选 项	说 明
--address=0.0.0.0	服务监听地址
--allow-privileged[=false]	是否允许容器获取 privileged 权限
--api-servers=[]	Kubernetes API 服务的监听地址列表
--boot-id-file="/proc/sys/kernel/random/ boot_id"	boot id 文件
--cadvisor-port=4194	如果启用了 cadvisor，配置本地端口



(续)

选 项	说 明
--cert-dir="/var/run/kubernetes"	访问服务端时的 TLS 证书目录
--cluster-dns=	集群使用的 DNS 服务器，配置后会添加到容器
--cluster-domain=""	搜索域，配置后会添加到容器
--config=""	配置文件路径
--configure-cbr0[=false]	是否配置默认的 cbr0 网桥
--container-runtime="docker"	容器引擎，可以为 'docker', 'rkt'
--containerized[=false]	运行 kubelet 自身在一个容器里
--cpu-cfs-quota[=false]	是否支持对容器 CPU 的 CFS 配额限制
--docker="unix:///var/run/docker.sock"	Docker 服务访问路径
--docker-root="/var/lib/docker"	Docker 状态根目录
--docker-run="/var/run/docker"	Docker 运行时目录
--healthz-bind-address=127.0.0.1	healthz 服务监听地址
--healthz-port=10248	healthz 服务监听端口
--image-gc-high-threshold=90	触发对镜像进行垃圾回收时候的硬盘使用率
--image-gc-low-threshold=80	低于该值，则不对镜像进行垃圾回收
--kube-api-burst=10	调用 apiserver 的峰值上限
--kube-api-qps=5	调用 apiserver 的平均值上限
--kubeconfig="/var/lib/kubelet/kubeconfig"	kubeconfig 配置文件路径
--kube-reserved=""	系统为 Kubernetes 组件的运行预留出来的资源
--max-open-files=1000000	kubelet 进程最大打开的文件数
--max-pods=40	最多运行的 Pod 数目
--maximum-dead-containers=100	保留处于 dead 状态的容器全局上限
--network-plugin=""	网络插件
--network-plugin-dir="/usr/libexec/ kubernetes/kubelet-plugins/net/exec/"	网络插件搜索路径
--node-ip=""	节点 IP 地址；
--node-labels=""	给节点打上标签；
--node-status-update-frequency=10s	多久向 Master 汇报一次节点状态
--port=10250	服务监听端口
--root-dir="/var/lib/kubelet"	kubelet 管理文件目录
--system-reserved=""	为系统预留出一定资源，避免节点资源耗尽

## 27.5.6 kube-proxy

kube-proxy会监听在每一个Node节点上，负责把对应服务端口来的通信映射给后端对应的Pod。简单的说，它既是一个NAT（支持TCP和UDP），同时也有负载均衡（目前仅支持TCP）的功能。

例如，服务test-service定义服务端口为80，实际映射到大量Pod的8080端口上：

---

```
{
  "kind": "Service",
  "apiVersion": "v1",
  "metadata": {
    "name": "test-service"
  },
  "spec": {
    "selector": {
      "app": "webapp"
    },
    "ports": [
      {
        "protocol": "TCP",
        "port": 80,
        "targetPort": 8080
      }
    ]
  }
}
```

---

则kube-proxy会自动配置本地的iptables rules规则，一旦有网包（client）想访问服务的80端口，将到达的网包转发到某个绑定Pod的8080端口。在1.2.0版本开始，kube-proxy已经默认完全通过iptables来配置对应的NAT转发过程，自身不再参与转发过程，如图27-4所示。

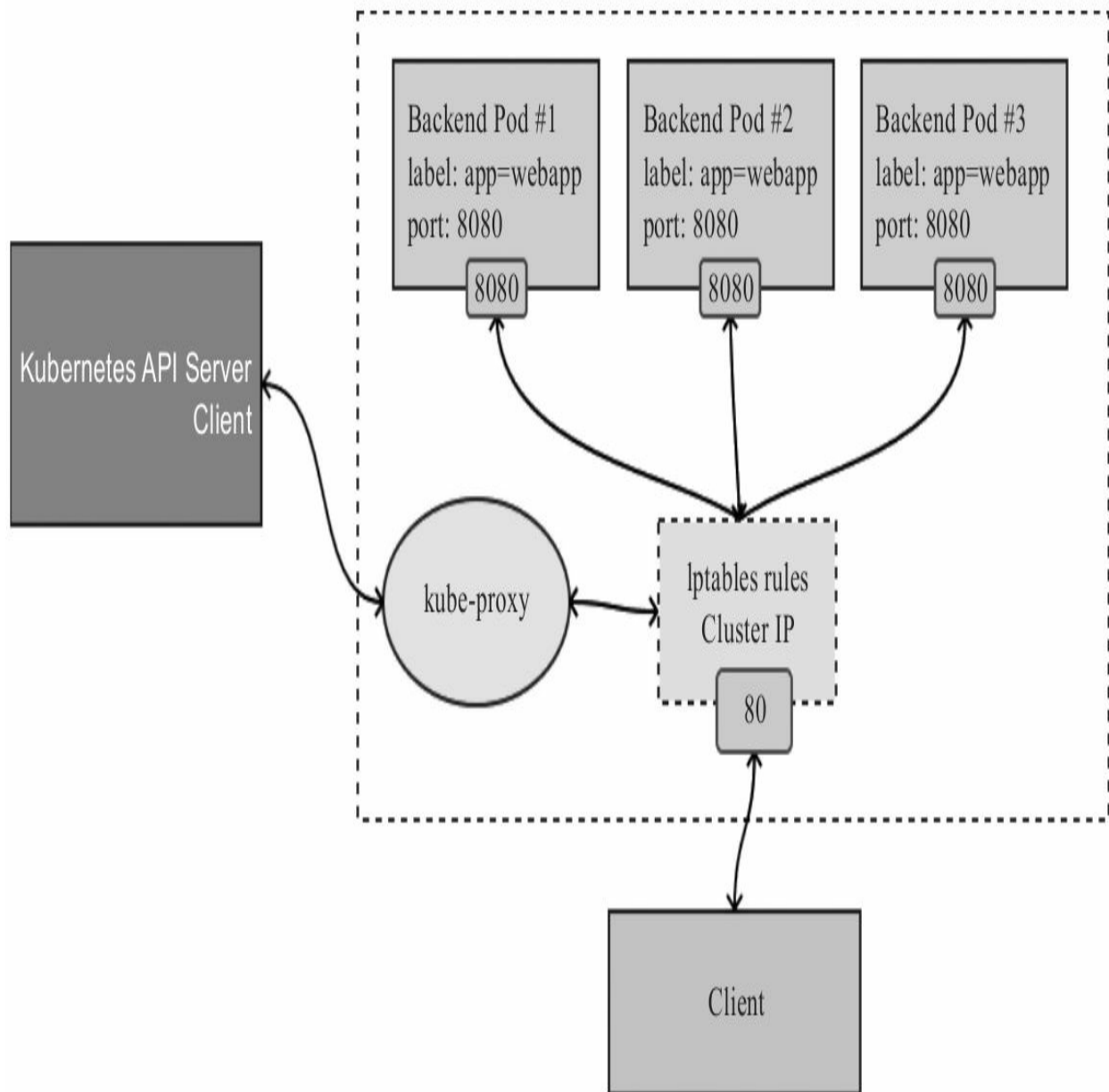


图27-4 kube-proxy运行机制

kube-proxy默认采用轮询的负载均衡算法，并且支持亲和性。例如如果配置`service.spec.sessionAffinity`为`ClientIP`，则同一个客户端发过来的多个请求会转发给同一个后端的Pod，保证了会话一致性。具体实现上，在早期版本中采用用户态的程序来转发，现在已经逐渐转换到基于Linux Iptables的更高效转发机制。

可以通过`kube-proxy-h`命令查看支持的参数选项，其中比较重要的配置选项参见表27-5。

表27-5 kube-proxy配置选项

选 项	说 明
--bind-address=0.0.0.0	服务监听地址
--cleanup-iptables[=false]	清除所有的 iptables 规则然后退出
--healthz-bind-address=127.0.0.1	健康检查服务监听地址
--healthz-port=10249	健康检查服务监听端口
--iptables-sync-period=30s	刷新 iptables 规则的时间
--kubeconfig=""	kubeconfig 文件所在路径
--masquerade-all[=false]	如果用纯 iptables 的转发, 对所有流量都做 NAT
--master=""	Kubernetes API 服务地址
--proxy-mode=""	代理的模式, 包括旧版本的 'userspace' 模式或较新的 'iptables' 模式 (自 1.2.0 开始默认启用)
--proxy-port-range=	Node 节点上代理服务端口的范围, 默认为所有
--resource-container="/kube-proxy"	资源容器名
--udp-timeout=250ms	UDP 连接认为打开的超时, 仅当使用 proxy-mode=userspace 时生效

## 27.6 使用kubectl

kubectl是Kubernetes自带的客户端，封装了对Kubernetes API的调用，可以用它直接通过高级命令跟Kubernetes集群进行便捷的交互。掌握了kubectl命令，就掌握了对Kubernetes集群进行使用和管理的大部分操作。

### 27.6.1 获取kubectl

kubectl在发行版的二进制包中带有，位于kubernetes/server/kubernetes/server/bin/目录下。用户也可以自行下载编译好的文件使用。

例如下载1.2.0版本的kubectl，可以用下面的命令。其他版本注意修改URL中的版本信息：

---

```
$ wget http://storage.googleapis.com/kubernetes-release/release/v1.2.0/bin/
linux/amd64/kubectl
```

---

### 27.6.2 命令格式

可以通过kubectl help[subcommand]命令查看命令格式和支持的子命令信息。

使用的主要格式为：

---

```
kubectl [global-flags] [subcommand] [RESOURCE_TYPE] [NAME...] [subcommand-flags...]
```

---

其中，subcommand为要执行的动作，如get、describe、create、delete等，NAME为某个资源类型下面的若干对象名称。

RESOURCE\_TYPE为要操作的资源的类型，见表27-6。

表27-6 kubectl命令资源类型说明

类 型	说 明
componentstatuses cs	组件状态
daemonsets ds	daemon 集，保证一个应用每个节点上运行同样的 Pod，并且只运行一个
deployments	部署
events ev	事件
endpoints ep	服务端点
horizontalpodautoscalers hpa	Pod 自动扩展器
ingresses ing	7 层服务访问入口
jobs	任务，确保成功完成的 Pod 达到某个数目
limitranges limits	限制的范围
nodes no	Node 节点
namespaces ns	命名空间
Pods po	Pod 资源
persistentvolumes pv	持久化存储卷
persistentvolumeclaims pvc	持久化存储卷声明
replicationcontroller rc	复制控制器
resourcequotas quota	资源的配额
secrets	秘密数据
serviceaccounts	服务的账户
services svc	服务

通过kubectI可以对这些资源进行生命周期管理，包括创建、删除、修改、查看等操作。

### 27.6.3 全局参数

这些参数主要是配置命令执行的环境信息，可以在执行具体子命令时候使用，参见表27-7。

表27-7 kubectl全局参数

类 型	参 数	说 明
日志相关	--alsologtostderr=false	日志信息同时输出到标准错误输出和文件
	--log-backtrace-at=:0	每输出若干行日志消息就打印一条 backtrace 信息用来追踪调用栈
	--log-dir=	存储日志文件到指定目录
	--log-flush-frequency=5s	执行日志消息刷新的间隔
	--logtostderr=true	日志信息输出到标准错误输出，不输出到文件
	--stderrthreshold=2	超过等级的日志信息输出到标准错误输出
	--v=0	日志输出等级
	--vmodule=	对日志进行过滤时的模式设置

(续)

类 型	参 数	说 明
认证相关	--certificate-authority=""	CA 认证的 cert 文件路径
	--client-certificate=""	TLS 认证时候需要的客户端证书文件
	--client-key=""	TLS 认证时候需要的客户端秘钥文件
	--insecure-skip-tls-verify=false	不检查服务端的 TLS 证书信息
	--password=""	API 服务端采用基本认证时的密码
	--username=""	API 服务端采用基本认证时的用户名
	--token=""	API 服务端的 token 认证信息
其他配置	--api-version=""	指定 API 版本
	--cluster=""	配置的集群名称
	--context=""	当前操作的集群名称
	--kubeconfig=""	kubeconfig 文件路径
	--match-server-version=false	要求服务端版本跟客户端版本一致
	--namespace=""	请求的命名空间
	-s, --server=""	Kubernetes API 服务端的地址和端口
	--user=""	kubeconfig user 使用的用户名
	--validate=false	发送请求前是否先在客户端进行校验

## 27.6.4 子命令

子命令参见表27-8。

表27-8 kubect1子命令及其说明



命 令	说 明
get	显示给定资源的信息
describe	显示给定资源（组）的详细信息
create	创建一个资源
replace update	替代 / 更新一个资源
patch	更新一个资源的域信息，即给资源打补丁
delete	删除一个资源
edit	调用本地编辑器，直接编辑 API 资源，十分便利的功能
apply	应用配置到给定资源，资源如果不存在会自动创建。可以用来修改资源的信息
logs log	打印一个 Pod 中某个容器的 logs 信息 (docker logs 命令输出信息)
rolling-update rollingupdate	对某个复制控制器进行滚动升级，即通过每次仅更新一个 Pod 的方式来平滑的过渡到新的部署上
scale	对某个复制控制器的份数进行调整
cordon	标记一个节点为不可调度状态。当节点出现故障时候，可以避免调度资源上去

(续)

命 令	说 明
drain	将节点资源从节点上迁移出去（删除掉 Pod，并不可调度资源）。可以用于在对节点进行维护前让工作资源从节点上调度出去
uncordon	恢复节点为可调度状态，可以分配工作负载过来了
attach	贴附到某个容器上，类似 Docker 的 attach 命令
exec	在给定 Pod 中执行命令，类似 Docker 的 exec 指令
port-forward	映射本地端口到 Pod
proxy	本地创建一个访问 Kubernetes API 服务的代理
run run-container	运行容器（默认在后台），类似 Docker 的 run -d 指令。默认会自动创建一个部署或者任务来管理创建的容器
expose	使用给定的复制控制器、Pod 或者服务等资源的选择器，发布为新的服务
autoscale	自动根据需求来扩展一个部署（或复制控制器）中的 Pod 数目。类似 AWS 中自动扩展组的概念
rollout	对一个部署进行操作
label	更新一个资源的标签信息
annotate	自更新一个资源的注解信息
config	修改 kubeconfig 文件
cluster-info	显示一个集群的信息。包括 API 服务端地址，启动的服务等
api-versions	显示支持的 API 版本信息
version	打印客户端和服务端的版本信息
explain	显示资源类型的说明文档。可以快速查看某个资源的解释
convert	转换配置文件到其他 API 版本

下面详细介绍部分子命令。

## 1.get

显示给定资源的信息。

命令格式为 `kubectl get[(-o|--output=)json|yaml|template|wide|...]  
(RESOURCE[NAME]|RESOURCE/NAME...)[flags]`。

支持的参数主要包括：

- `--all-namespaces=false`：是否列出所有的命名空间中的资源；
- `-L, --label-columns=[]`：通过标签来过滤显示的资源；
- `-o, --output=""`：输出信息的格式，包括 `json|yaml|template|templatefile|wide`；
- `-l, --selector=""`：通过 `selector` 来过滤输出；
- `-t, --template=""`：模板字符串或 `golang` 模板文件路径；
- `-w, --watch=false`：持续监测输出对象的变化。

例如，获取集群中节点的列表：

---

```
$ kubectl get nodes
NAME                                LABELS                                STATUS
127.0.0.1                          kubernetes.io/hostname=127.0.0.1    Ready
```

---

获取集群中Pod的列表：

---

```
$ kubectl get pods
NAME                                READY    STATUS    RESTARTS   AGE
k8s-master-127.0.0.1              3/3     Running   0           2d
```

---

## 2.describe

显示给定资源（组）的详细信息。

命令格式为 `kubectl describe(RESOURCE NAME_PREFIX|RESOURCE/NAME)[flags]`。

支持的参数主要有： `-l`， `--selector=""`，通过 `selector` 来过滤输出。例如，仅显示带有 `name=myLabel` 标签的 Pod：

---

```
$ kubectl describe po -l name=myLabel
```

---

### 3.create

创建一个资源。

命令格式为 `kubectl create-f FILENAME[flags]`。

支持的参数主要有 `-f`， `--filename=[]`，创建资源的模板文件所在的路径或 URL。例如，创建一个 `test_pod.yml` 文件，内容为：

---

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: nginx
  labels:
    name: nginx
spec:
  containers:
    - name: nginx
      image: nginx
      ports:
        - containerPort: 80
```

---

然后执行如下命令创建 Pod 资源。

---

```
$ kubectl create -f test_pod.yml
pods/nginx
```

---



提示

这里直接操作 Pod 仅为了演示命令，一般情况下推荐通过复制控制器来操作 Pod。

查看多出来一个新的 Pod：

---

```
$ kubectl get pods
NAME                READY    STATUS    RESTARTS   AGE
k8s-master-127.0.0.1 3/3      Running   0           2d
nginx                1/1      Running   0           7s
```

---

通过describe命令来查看具体信息，检查结果跟模板中定义一致：

---

```
$ kubectl describe po -l name=nginx
Name:                nginx
Namespace:           default
Image(s):            nginx
Node:                127.0.0.1/127.0.0.1
Labels:              name=nginx
Status:              Running
Reason:
Message:
IP:                  172.17.0.1
Replication Controllers: <none>
Containers:
  nginx:
    Image:            nginx
    State:            Running
      Started:        Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800
    Ready:            True
    Restart Count:    0
Conditions:
  Type      Status
  Ready     True
Events:
  FirstSeen    LastSeen    Count   From              SubobjectPath
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:51 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:51 +0800    1      {scheduler }
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:51 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:51 +0800    1      {kubelet 127.0.0.1}  implicitly requi
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:51 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:51 +0800    1      {kubelet 127.0.0.1}  implicitly requi
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    1      {kubelet 127.0.0.1}  implicitly requi
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    1      {kubelet 127.0.0.1}  spec.containers{
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    1      {kubelet 127.0.0.1}  spec.containers{
  Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    Mon, 07 Mar 2016 11:04:52 +0800    1      {kubelet 127.0.0.1}  spec.containers{
```

---

## 4.replace|update

替代/更新一个资源。

命令格式为kubectl replace-f FILENAME[flags]。

支持的参数主要有：

- f, --filename=[]: 用来替代资源的模板文件所在的路径或URL；
- grace-period=-1: 资源平缓终止的等待时间；
- force=false: 删除并重建指定资源。

例如，用户可以修改test\_pod.yml中容器镜像后，用新的Pod替代原来Pod：

---

```
$ kubectl replace -f test_pod.yml
```

---

## 5.patch

更新一个资源的域信息，即给资源打补丁。

命令格式为 `kubectl patch RESOURCE NAME -p PATCH[flags]`。

支持的参数主要有 `-p`，`--patch=""`，补丁内容。例如，用户可以修改一个节点的spec值：

---

```
$ kubectl patch node k8s-node-1 -p '{"spec":{"unschedulable":true}}'
```

---

## 6.delete

删除一个资源。

命令格式为 `kubectl delete([-f FILENAME])(RESOURCE[(NAME|-l label|--all)][flags])`。

支持的参数主要有：

- `--all=false`：选取所有指定资源；
- `-f`，`--filename=[]`：资源模板文件所在的路径或URL；
- `--grace-period=-1`：资源平缓终止的等待时间；
- `--ignore-not-found=false`：忽略没找到资源情况下的报警信息；
- `-l`，`--selector=""`：通过selector来过滤资源；
- `--timeout=0`：等待超时，0表示从删除对象的大小来计算超时。

例如，删除刚创建的Pod：

---

```
$ kubectl delete -f test-pod.yml
```

---

## 7.edit

调用本地编辑器，直接编辑API资源，十分便利的功能。

命令格式为`kubectl edit(RESOURCE/NAME|-f FILENAME)[flags]`。

支持的参数主要有：

- `-f, --filename=[]`: 资源模板文件所在路径、目录或者URL；
- `-o, --output="yaml"`: 输出资源格式，包括yaml|json；
- `---output-version=""`: 输出指定版本的API资源；
- `---record[=false]`: 记录kubectl命令到资源的注解中；
- `---save-config[=false]`: 保存配置信息到资源注解中；
- `---windows-line-endings[=false]`: 使用Windows格式的换行符。

## 8.apply

应用配置到给定资源，资源如果不存在会自动创建。可以用来修改资源的信息。

命令格式为`kubectl apply-f FILENAME[flags]`。

支持的参数主要有：

- `-f, --filename=[]`: 资源模板文件所在路径、目录或者URL；
- `-o, --output=""`: 输出模式，用来过滤输出信息等；
- `---record[=false]`: 记录kubectl命令到资源的注解中；
- `---schema-cache-dir=~/.kube/schema`: API的scheme文件路径；
- `---validate[=true]`: 执行命令前是否使用scheme对输入进行校验。

## 9.logs|log

打印一个Pod中某个容器的logs信息（docker logs命令的输出信

息)。

命令格式为 `kubectl logs[-f][-p]POD[-c CONTAINER][flags]`。

支持的参数主要有：

· `-c, --container=""`：容器名称，如果Pod中仅有一个容器则可以忽略；

· `-f, --follow=false`：是否持续跟踪输出信息，类似tail命令的-f选项；

· `--interactive=true`：是否支持交互；

· `-p, --previous=false`：输出此前（已停止）容器实例的信息。

例如，输出myPod中容器test\_container的logs信息：

---

```
$ kubectl logs myPod test_container
```

---

## 10.rolling-update|rollingupdate

对某个复制控制器进行滚动升级，即通过每次仅更新一个Pod的方式来平滑的过渡到新的部署上。

命令格式为 `kubectl rolling-update OLD_CONTROLLER_NAME([NEW_CONTROLLER_NAME]--image=NEW_CONTAINER_IMAGE|-f NEW_CONTROLLER_SPEC)[flags]`。

支持的参数主要有：

· `---deployment-label-key="deployment"`：默认用于进行区分的标签；

· `---dry-run=false`：输出模拟执行的改动，但实际上不执行；

· `-f, --filename=""`：创建新的复制控制器的模板文件所在路径、目录或URL；



·--image="": 升级使用的新的容器镜像;

·-o, --output="": 输出格式, 包括  
json|yaml|template|templatefile|wide;

·--poll-interval="3s": 检查更新状态的时间间隔;

·--rollback=false: 回滚上上次版本;

·-t, --template="": goLang模板字符串或文件路径;

·--timeout="5m0s": 超时时间;

·--update-period="1m0s": 升级多个Pod的时间间隔。

例如, 更新rc-v1复制控制器为rc-v2.json中定义内容:

---

```
$ kubectl rolling-update rc-v1 -f rc-v2.json
```

---

## 11.scale

对某个复制控制器的份数进行调整。

命令格式为 `kubectl scale[--resource-version=version][--current-replicas=count]--replicas=COUNT(-f FILENAME|TYPE NAME)[flags]`。

支持的参数主要有:

·--current-replicas=-1: 对当前的复制份数进行检查, 匹配则执行scale命令;

·-f, --filename=[]: 复制控制器的模板文件所在路径、目录或URL;

·-o, --output="": 输出格式;

·--replicas=-1: 新的份数, 必备项;

·--resource-version="": 对当前的资源版本进行检查, 匹配则执行

scale命令；

·--timeout=0：命令执行超时时间。

## 12.cordon

标记一个节点为不可调度状态。当节点出现故障时候，可以避免调度资源上去。

命令格式为kubectl cordon NODE[flags]。

例如让节点n1不可调度资源：

---

```
$ kubectl cordon n1
```

---

## 13.drain

将节点资源从节点上迁移出去（删除掉Pod，并不可调度资源）。可以用于在对节点进行维护前让工作资源从节点上调度出去。

命令格式为kubectl drain NODE[flags]。

支持的参数主要有：

·--force[=false]：删除不被ReplicationController、Job或DaemonSet管理的Pod；

·--grace-period=-1：指定允许被删除Pod平缓退出的时间；

·--ignore-daemonsets[=false]：忽略DaemonSet所管理的Pod。

## 14.uncordon

恢复节点为可调度状态，可以分配工作负载过来了。

命令格式为kubectl uncordon NODE[flags]。

例如让节点n1恢复到可调度状态：

---

```
$ kubectl uncordon n1
```

---

## 15.attach

贴附到某个容器上，类似Docker的attach命令。

命令格式为`kubectl attach POD-c CONTAINER[flags]`。

支持的参数主要有：

- c, --container="": Pod中的容器名，忽略则默认为第一个；
- i, --stdin[=false]: 挂载当前的标准输入到容器；
- t, --tty[=false]: 标准输入为TTY类型。

## 16.exec

在给定Pod中执行命令，类似Docker的exec指令。

命令格式为`kubectl exec POD[-c CONTAINER]--COMMAND[args...]`  
[flags]。

支持的参数主要有：

- c, --container="": Pod中执行命令的容器名称，默认会选取第一个；
- p, --pod="": Pod名称；
- i, --stdin[=false]: 将标准输入接通到容器；
- t, --tty[=false]: 标准输入是TTY类型。

例如，在nginx Pod中打开一个bash，可以用：

---

```
$ kubectl exec -it nginx -- bash
```

---

## 17.port-forward

映射本地端口到Pod。

命令格式为 `kubectl port-forward POD[LOCAL_PORT: ]REMOTE_PORT[... [LOCAL_PORT_N: ]REMOTE_PORT_N][flags]`。

支持的参数主要有 `-p`, `--pod=""`, Pod名称。

例如，映射本地端口8080到test\_pod的80端口：

---

```
$ kubectl port-forward test_pod 8080:80
```

---

## 18.proxy

本地创建一个访问Kubernetes API服务的代理。

命令格式为 `kubectl proxy[--port=PORT][--www=static-dir][--www-prefix=prefix][--api-prefix=prefix][flags]`。

支持的参数主要有：

· `--accept-hosts="^localhost$, ^127.0.0.1$, ^[: : 1]$"` ：允许访问的地址，正则表达式格式；

· `--accept-paths="^/*"`：允许访问的路径，正则表达式格式；

· `--address="127.0.0.1"`：服务的IP地址；

· `--api-prefix="/"` ：映射API到指定URL路径下；

· `--disable-filter[=false]`：是否过滤请求，打开该选项将导致安全风险；

· `-p, --port=8001`：代理的监听端口，默认将随机选取；

· `--reject-methods="POST, PUT, PATCH"`：拒绝访问的HTTP方法；

· `--reject-paths="/api/./exec, /api/./run, /api/./attach"`：拒绝访问

的路径；

- u, --unix-socket="": 监听在指定的Unix套接字上；
- w, --www="": 在给定前缀路径下提供静态HTTP服务；
- P, --www-prefix="/static/": 静态服务的资源所在路径。

## 19.run|run-container

运行容器（默认在后台），类似Docker的run-d指令。默认会自动创建一个部署或者任务来管理创建的容器。

命令格式为kubectrl run NAME--image=image[--env="key=value"][--port=port][--replicas=replicas][--dry-run=bool][--overrides=inline-json][flags]。

支持的参数主要有：

- attach[=false]: 是否挂载到运行的容器；
- command[=false]: 如果配置该选项，flag作为运行命令传给容器；
- dry-run[=false]: 模拟运行过程，打印命令，但实际上不执行；
- env=[]: 传递给容器的环境变量；
- generator="": API生成器名称，指定--restart=Always情况下默认为'run/v1'，否则为'run-pod/v1'；
- hostport=-1: 映射到容器端口的节点主机端口；
- image="": 要运行的容器镜像名称；
- l, --labels="": 设置Pod的标签；
- leave-stdin-open[=false]: 保持标准输入挂载到Pod；

- `--limits=""`: 容器的资源限制, 例如'`cpu=200m, memory=512Mi`';
- `--no-headers[=false]`: 输出不打印标题栏;
- `-o, --output=""`: 输出格式, 可以为`json|yaml|wide|name|go-template=...|go-template-file=...|jsonpath=...|jsonpath-file=...`;
- `--output-version=""`: 按照给定版本输出格式化数据, 默认为`api-version`;
- `--port=-1`: 容器声明开放的端口号;
- `-r, --replicas=1`: 容器复制的份数, 默认为1;
- `--requests=""`: 容器请求的资源, 例如'`cpu=100m, memory=256Mi`';
- `--restart="Always"`: Pod的重启策略, 可以为`Always` (默认值), `OnFailure`, `Never`。如果是'`Always`', 则自动创建一个部署来管理Pod, 否则`--replicas`必须设为1;
- `-a, --show-all[=false]`: 打印所有的Pod, 包括已经终止的;
- `--sort-by=""`: 按照给定域来对输出结果进行排序;
- `-i, --stdin[=false]`: 保持Pod中容器的标准输入处于打开状态;
- `--template=""`: 使用的模板字符串或文件路径;
- `--tty[=false]`: 为Pod中的每一个容器分配一个TTY。

例如, 启动nginx Pod, 并通过一个复制控制器来自动管理它, 保证复制为2, 可以用:

---

```
$ kubectl run --image=nginx --replicas=2 nginx-app --port=80 --env="DOMAIN=cluster"
replicationcontroller "nginx-app" created
```

---

此时, 可以查看自动创建的复制控制器, 保证始终有2个Nginx Pod 在运行。

---

---

```
$ kubectl get rc
CONTROLLER    CONTAINER(S)    IMAGE(S)    SELECTOR    REPLICAS    AGE
nginx-app     nginx-app       nginx       run=nginx-app    2           <invalid>
```

---

## 20.expose

使用给定的复制控制器、Pod或者服务等资源的选择器，发布为新的服务。

命令格式为 `kubectl expose(-f FILENAME|TYPE NAME)[--port=port][--protocol=TCP|UDP][--target-port=number-or-name][--name=name][---external-ip=external-ip-of-service][--type=type][flags]`。

支持的参数主要有：

- `--container-port=""`：等价于`--target-port`，指定Pod的端口；
- `--dry-run[=false]`：模拟输出发送命令，但不执行；
- `--external-ip=""`：指定外部可以访问服务的地址；
- `-f, --filename=[]`：资源模板文件所在路径、目录或URL；
- `--generator="service/v2"`：使用哪个API生成器；
- `-l, --labels=""`：给生成服务添加标签；
- `--load-balancer-ip=""`：绑定到负载均衡器的地址，不指定则自动获取生成（需要外部平台支持）；
- `--name=""`：创建服务的名称；
- `--no-headers[=false]`：输出不打印头部信息；
- `-o, --output=""`：输出格式，包括json|yaml|wide|name|go-template=...|go-template-file=...|jsonpath=...|jsonpath-file=...等；
- `--output-version=""`：输出格式化对象依照的版本信息；

·--overrides="": 覆盖生成对象的给定域;

·--port="": 服务端口;

·--protocol="TCP": 服务监听类型;

·--record[=false]: 记录当前kubectl操作为服务的注解信息;

·--save-config[=false]: 保存配置为服务的注解信息;

·--selector="": 标签选择器;

·--session-affinity="": 指定服务的会话的关联性, 可以为'None' (简单轮换) 或'ClientIP' (同一个客户端的请求分发到同一个后端);

·-a, --show-all[=false]: 显示所有资源信息, 包括处于终止状态的Pod;

·--show-labels[=false]: 显示标签信息;

·--sort-by="": 指定输出的排序域;

·--target-port="": Pod上的端口, 不给定则默认跟服务端口相同;

·--template="": 指定使用模板文件时, 模板文件的路径;

·--type="ClusterIP": 服务的类型, 包括ClusterIP、NodePort或LoadBalancer。

例如, 将某个Pod test-pod, 发布为监听在80端口的Web服务:

---

```
$ kubectl expose pod test-pod --port=80 --name=web
```

---

## 21.autoscale

自动根据需求来扩展一个部署 (或复制控制器) 中的Pod数目。类似AWS中自动扩展组的概念。

命令格式为kubectl autoscale(-f FILENAME|TYPE



NAME|TYPE/NAME)[--min=MINPODS]--max=MAXPODS[--cpu-percent=CPU][flags]。

支持的参数参见前一小节的expose参数，部分参数说明如下：

- cpu-percent=-1：所有Pod上的CPU平均使用比例；
- generator="horizontalpodautoscaler/v1beta1"：指定API生成器；
- max=-1：自动扩展Pod的上限值，必备项；
- min=-1：自动扩展Pod的下限值；
- name=""：自动扩展的名字，默认采用操作资源的名字。

## 22.rollout

对一个部署进行操作。

命令格式为kubectl rollout SUBCOMMAND(TYPE NAME|TYPE/NAME)[flags]。

支持的子命令包括：

- history：查看rollout的历史记录；
- pause：标记给定资源为暂停状态；
- resume：继续一个暂停状态的资源；
- undo：撤销，回到之前的rollout。

参数主要为-f，--filename=[]，资源模板文件路径、目录或URL。

## 23.label

更新一个资源的标签信息。

命令格式为kubectl label[--overwrite](-f FILENAME|TYPE

NAME)KEY\_1=VAL\_1...KEY\_N=VAL\_N[--resource-version=version]  
[flags]。

支持的参数参见前面expose参数，部分参数说明如下：

·`--all[=false]`：选择指定类型的所有资源；

·`--overwrite[=false]`：是否允许覆盖已有标签的值；

·`--resource-version=""`：检查资源版本信息是否匹配给定值，不匹配则拒绝修改；

·`-l, --selector=""`：标签选择器。

例如，为test\_pod资源添加标签release=beta。

---

```
$ kubectl label -f test_pod.json release=beta
```

---

## 24.annotate

自更新一个资源的注解信息。

命令格式为kubectl annotate[--overwrite](-f FILENAME|TYPE NAME)KEY\_1=VAL\_1...KEY\_N=VAL\_N[--resource-version=version]  
[flags]。

支持的参数参见前面的expose和label参数。

## 25.config

修改kubeconfig文件。

命令格式为kubectl config SUBCOMMAND[flags]。

支持子命令包括：

·`current-context`：显示当前的上下文；

·`set-context`：配置上下文信息；

- `use-context`: 切换当前上下文到指定上下文;
- `set-cluster`: 配置一个集群的信息, 名字不存在则新创建;
- `set`: 配置kubeconfig文件中的键值;
- `unset`: 取消kubeconfig文件中的键值;
- `view`: 查看kubeconfig文件信息;
- `set-credentials`: 配置kubeconfig文件中的用户认证信息。

支持的参数主要有`--kubeconfig=""`, 指定kubeconfig文件。

## 26.explain

显示资源类型的说明文档。可以快速查看某个资源的解释。

命令格式为`kubectl explain RESOURCE`。

## 27.convert

转换配置文件到其他API版本。

命令格式为`kubectl convert-f FILENAME[flag]`。

支持的参数参见前面的`expose`的参数, 部分参数说明如下:

- `---local[=true]`: 不跟API服务交互, 仅本地运行;
- `---schema-cache-dir=~/.kube/schema`: API schemas所在目录;
- `---validate[=true]`: 执行命令前对输入进行校验。

## 27.7 网络设计

网络对于集群来说是十分关键的功能。Kubernetes在设计上考虑了对网络的需求和模型设计，但自身并没有重新实现，而是可以另外嵌入现有的网络管理方案。同时，Kubernetes试图通过插件化的形式来采用AppC提出的Container Networking Interface（CNI）规范。这意味着，将来所有支持Kubernetes的网络插件都要遵循该规范。

实际上，CNI的模型十分简洁，Kubernetes只需要告诉插件，把某个Pod挂载到某个网络、或者从某个网络卸载，其他工作都由插件来完成。Kubernetes自身不需要了解网络的具体细节。

对于Kubernetes集群来说，一般要考虑如下四种通信场景：

- Pod内（容器之间）：因为容器共享了网络命名空间，可以通过lo直接通信，无需额外支持；

- Pod之间：又分在同一个节点上和在不同节点上，前者通过本地网桥通信即可，后者需要在各自绑定的网桥之间打通；

- Pod和服务之间：因为服务是虚拟的ClusterIP，因此，需要节点上配置代理机制（例如基于iptables）来映射到后端的Pod。

- 外部访问服务：要从外面访问服务，必须经过负载均衡器，通过外部可用的地址映射到内部的服务上。

其实Docker默认采用iptables实现NAT的方式（后来也支持overlay模式，但所提出的CNM规范未被Kubernetes接纳）已经通过借用主机地址组成了简单的网络。但Kubernetes认为NAT方式实现跨节点通信就需要占用本地端口映射，这会给服务层面的访问带来麻烦。

Kubernetes在网络方面的设计理念包括如下几点：

- 所有容器之间不使用NAT就可以互相通信；

- 所有节点跟容器之间不使用NAT就可以互相通信；

·容器自己看到的地址，跟其他人访问自己使用的地址应该是一样的（其实还是在说不要有NAT）。

可以看到，这个设计理念跟云平台里面的虚拟机网络十分类似，这意味着一些基于虚拟机云的项目可以很方便地迁移到Kubernetes平台上。

要实现这几项需求，可以有两种设计思路：直接路由和Overlay网络，这也是现在云计算领域常见的网络实现方式。

## 1.直接路由

这种思路最简单，所有Pod直接暴露在物理网络上，大家彼此地址可见，不能有地址冲突，不同子网之间通过路由机制进行三层转发。

此时，各个Node上会创建cbr0网桥，并且需要在开启本地转发支持：

---

```
$ sysctl net.ipv4.ip_forward=1
```

---

另外，配置Docker服务的默认网桥，并且取消Docker对iptables的自动修改：

---

```
DOCKER_OPTS="--bridge=cbr0 --iptables=false --ip-masq=false"
```

---

为了让Pod可以通过Node地址来访问外网（因为Pod的私有数据地址是无法路由到外部的），可以配置SNAT：

---

```
$ iptables -t nat -A POSTROUTING ! -d 10.0.0.0/8 -o eth0 -j MASQUERADE
```

---

这种实现的最大优势是简洁，可以直接复用底层的物理设备。目前，包括Google的GCE和微软的容器云在内的许多实现都支持这种模式。

## 2.Overlay网络

Overlay网络相对要复杂一些，支持底层更灵活的转发。目前包括

Flannel、Open-VSwitch、Weave、Calico等一系列方案都能实现用Overlay网络来联通不同节点上的Pod。

以Flannel网络为例，提前为各个Node分配互不重合的子网，例如将完整的172.16.0.0/16私有网段划分为多个子网172.16.10.0/24、172.16.11.0/24.....，各个Node上的Pod分配网络地址的时候只能从这个子网范围内分配，避免了地址的冲突，如图27-5所示。

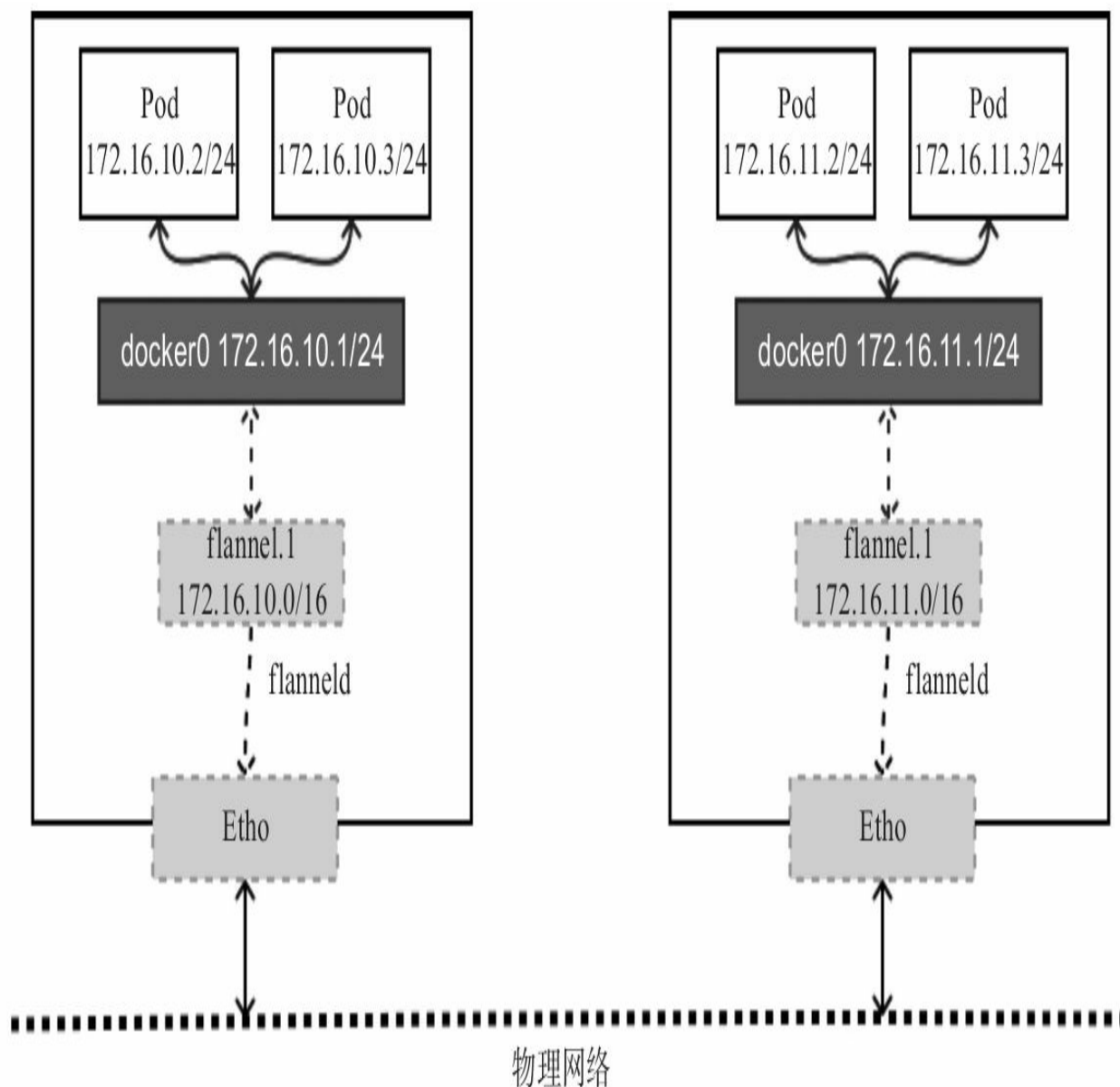


图27-5 Kubernetes使用Flannel网络

所有Pod都挂载到docker0网桥上，网桥的内部接口（docker0）作为

子网网关接口。

同时，在各个Node上创建网络接口（如图中的flannel.1），该接口分配子网的0号地址，负责处理往其他节点发送的网包。当docker0收到目标地址为其他节点上Pod的网包时，根据路由表会扔到flannel.1接口，由flanneld进程进行封装，通过隧道发送到对应节点上进行解封装。

以左边节点为例，本地路由表为：

---

```
$ route -en
Kernel IP routing table
Destination    Gateway         Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
0.0.0.0        192.168.122.1  0.0.0.0         UG      0 0          0 eth0
172.16.0.0     0.0.0.0        255.255.0.0     U        0 0          0 flannel.1
172.16.10.0    0.0.0.0        255.255.255.0   U        0 0          0 docker0
191.167.121.1  0.0.0.0        255.255.255.0   U        0 0          0 eth0
```

---

## 27.8 本章小结

本章介绍了Kubernetes系统的设计、核心概念、主要组件，以及常见操作和网络模型。通过这些知识，相信读者对于Kubernetes的功能有了直观认识，并可以利用它来搭建自己的容器云平台。

虽然Kubernetes自身并没有提出PaaS或者DevOps的理念，但它提供的资源抽象接口和生命周期管理，让用户可以很方便的进行二次开发。

实际上，Kubernetes自身很好地展现了一套高效的分布式系统该如何设计，以及为了满足业务需求如何把握架构。推荐感兴趣的读者进一步查看Kubernetes的源码实现，可以更深入地探知其技术细节。



## 第28章 其他相关项目

Docker虽然属于新兴技术，但围绕它已经出现了不少优秀的技术项目，包括利用Docker进行云计算平台搭建，特别是实现平台即服务，利用Docker来实现高效的持续集成服务，以及对大规模Docker容器的管理和进行编程开发等。

本章将介绍这方面的一些典型项目，包括平台即服务、持续集成、容器管理、编程开发、网络支持、日志处理、服务代理、标准与规范等。

## 28.1 平台即服务方案

PaaS (Platform as a Service, 平台即服务) 是希望提供一个统一的操作系统平台环境, 让所有软件直接运行在它上面, 而无需复杂配置。Docker天生的应用封装特性为实现PaaS提供了某种便利。这里介绍几个基于Docker相关技术的PaaS项目。

### 28.1.1 Deis

Deis项目官方网站为<http://deis.io>, 代码在<https://github.com/deis/deis>维护。

Deis是开源的PaaS项目, 基于Go语言实现, 遵循Apache 2.0协议。由OpDemand公司在2013年7月发起, 目前还处于开发阶段。OpDemand公司提供对Deis的商业服务支持。

Deis试图提供轻量级的PaaS实现, 为用户提供简单的应用管理和部署。Deis基于Docker项目和CoreOS项目, 通过简单的git push命令即可部署应用, 加速集成和部署过程, 还支持对应用容器通过单条命令进行扩展。

在架构设计上, Deis整合了一系列Docker容器, 可以部署到公有云、私有云, 以及本地环境中, 并提供了完整的测试、诊断的工具。

### 28.1.2 Flynn

Flynn项目官方网站为<http://flynn.io>, 代码在<https://github.com/flynn/flynn>维护。

Flynn项目由一个创业团队在2013年7月发起, 基于Go语言开发, 目前还处于beta版阶段。Flynn项目的发起也是由于一些部署实践问题: 在部署SOA (Service Oriented Architecture, 是大规模分布式系统常采用的架构风格, 需要功能组件之间的松耦合) 产品至公有云的过程中, 往往需要人工部署和维护大量不同功能部件。

Flynn基于Heroku项目<sup>[4]</sup>。它受到Omege概念 (来自剑桥大学、加州伯克利大学和Google公司合作的《Omega: flexible, scalable schedulers

for large compute clusters》论文）的启发，Flynn不仅能完成简单可控的部署，还能进行自由的扩展，并提供数据库管理等功能。Flynn可以方便的实现一套比较理想的PaaS方案。

在设计上，Flynn项目尽量保持API驱动和模块化，以便模块支持不同的实现方案。底层（layer 0）实现一套支持服务发现的资源管理框架，上层（layer 1）实现适合部署和维护的应用组件。

目前，Flynn项目已经获得了Shopify等公司的支持。

[\[1\]](#) Heroku是一个支持多种编程语言（包括Ruby、Java、Node.js、Scala、Clojure、Python以及PHP和Perl等）的云平台即服务实现。在2010年被Salesforce.com收购。

## 28.2 持续集成平台Drone

目前，Drone项目利用Docker技术，实现持续集成（Continuous Integration）平台服务。

Drone项目官方网站为<http://drone.io>，代码在<https://github.com/drone/drone>维护。

Drone是开源的开源持续集成平台项目，基于Go语言实现，遵循Apache 2.0协议。该项目最初由Drone公司在2014年2月发起，目前还处于开发阶段。Drone公司基于它，提供支持Github、Bitbucket和Google Code等第三方代码托管平台的持续集成服务。

Drone基于Docker和AUFS实现，为用户提供基于网站的操作。

登录网站后，可以选择源码的存放服务，如图28-1所示。

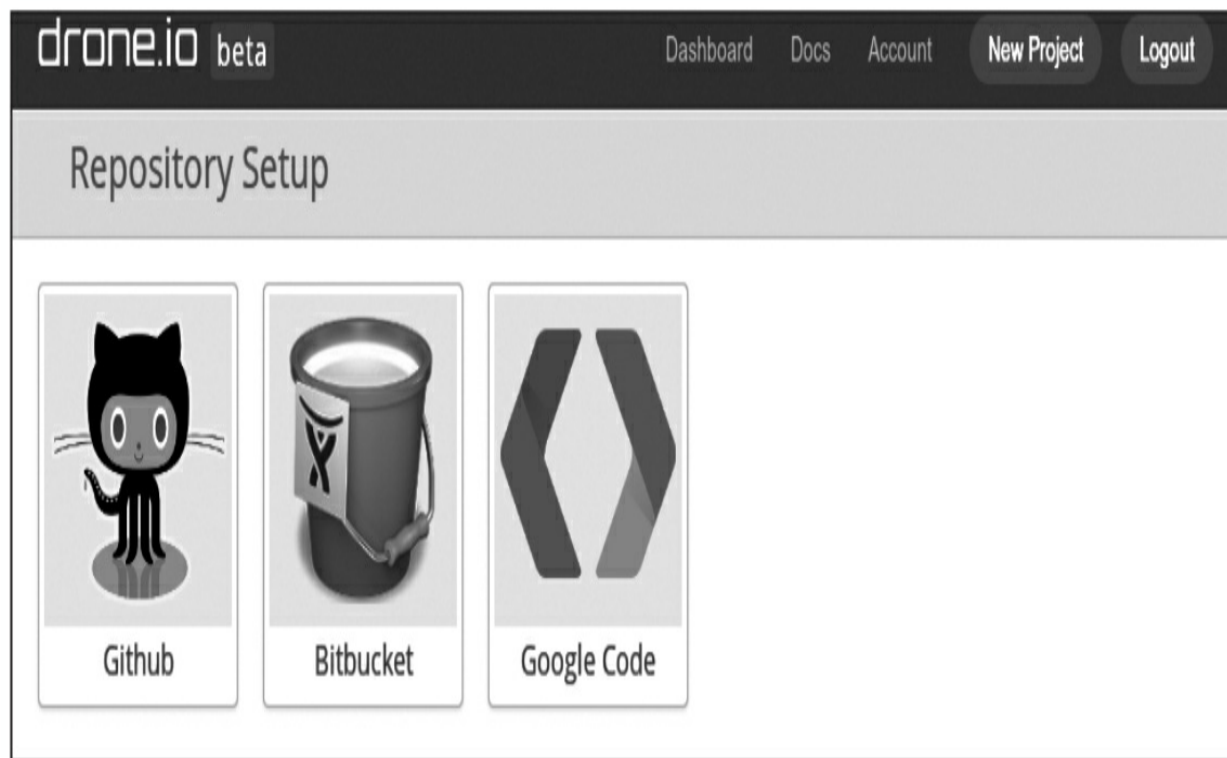


图28-1 选择源码的存放服务

此处选择Github服务，然后从仓库列表中选择项目，如图28-2所示。

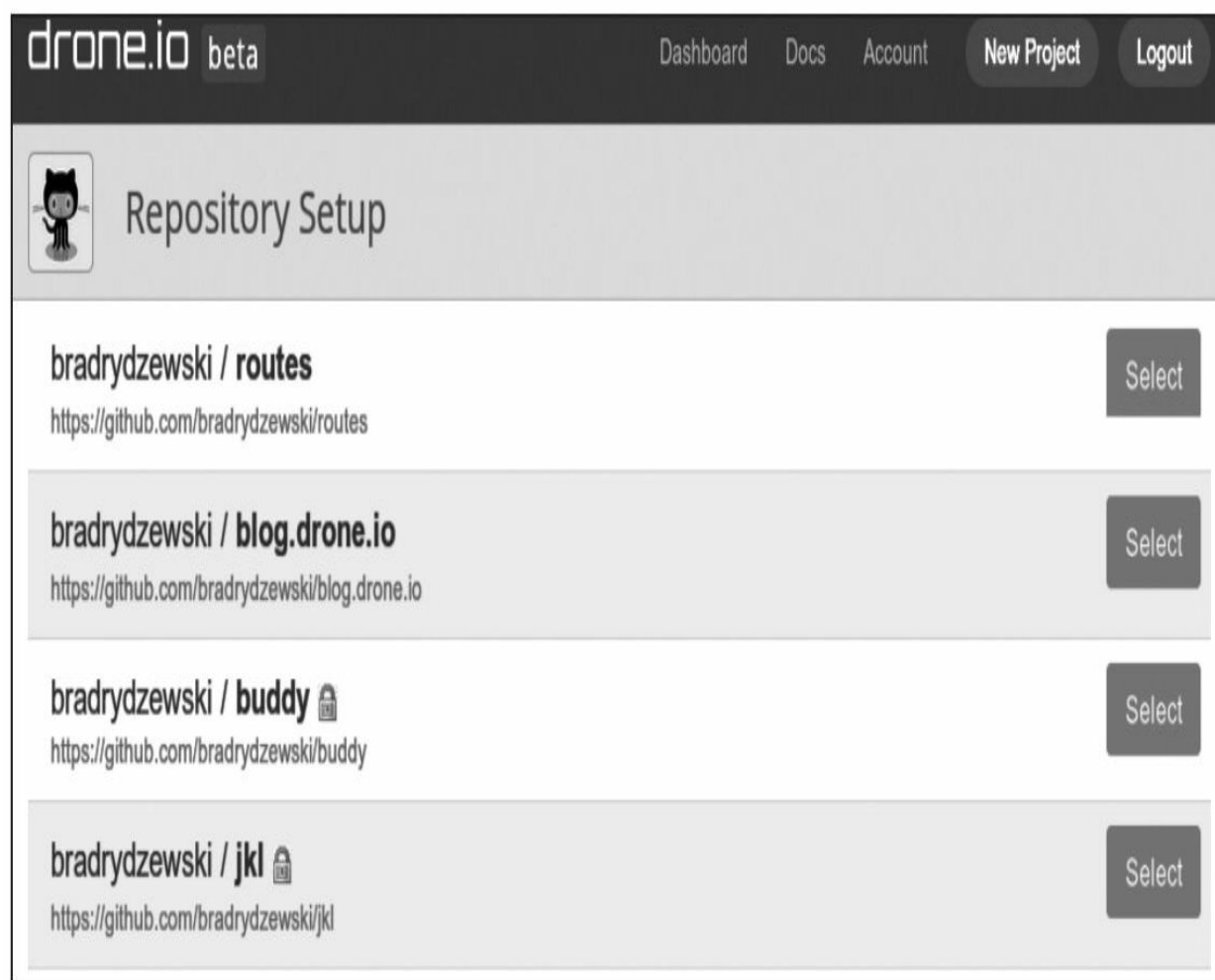


图28-2 从仓库列表中选择项目

配置项目的语言种类，如图28-3所示。



图28-3 配置项目的语言种类

接下来，需要检查创建命令是否正确，并根据具体情况进行调整，如图28-4所示。

drone.io beta

[Dashboard](#) [Docs](#) [Account](#) [New Project](#) [Logout](#)

hello-world

<https://bitbucket.com/brydzewski/hello-world>

Project Setup

## Setup your Build Script

Your checkout directory is `/home/ubuntu/src/bitbucket.com/brydzewski/hello-world`

```
npm -d install
npm test
```

Enter one command per line (ex: echo foo)

Save »

图28-4 检查和配置创建命令

最后，项目就可以在Drone平台上进行持续集成管理了，如图28-5所示。

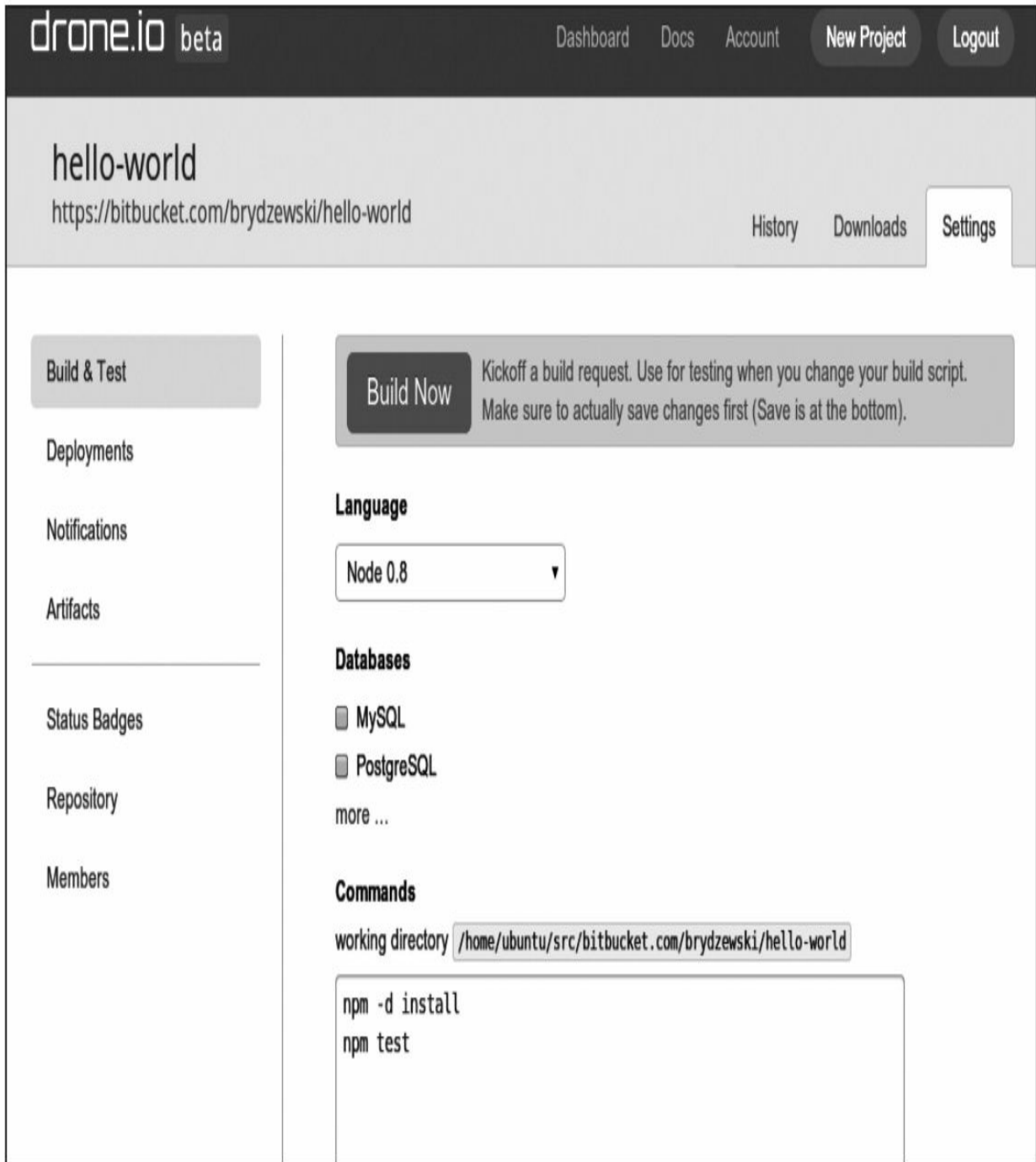


图28-5 进行持续集成管理



## 28.3 容器管理

Docker对单个容器操作已经提供了功能强大的命令行操作和API操作接口，但是缺乏同时对多个容器（特别是容器集群）进行管理的方案，另外还缺乏图形界面的管理平台。

目前，已经有若干开源项目试图实现更为强大和便捷的Docker管理工具，包括Citadel、Shipyard、DockerUI、Panamax等。

### 28.3.1 Citadel

Citadel项目官方网站为<http://citadeltoolkit.org>，代码在<https://github.com/citadel/citadel>维护。



Citadel项目于2014年4月由Citadel团队正式推出，基于Go语言实现，目标是提供一套在由Docker容器构成的集群中对容器进行调度的工

具，主要包括集群管理组件和调度组件。

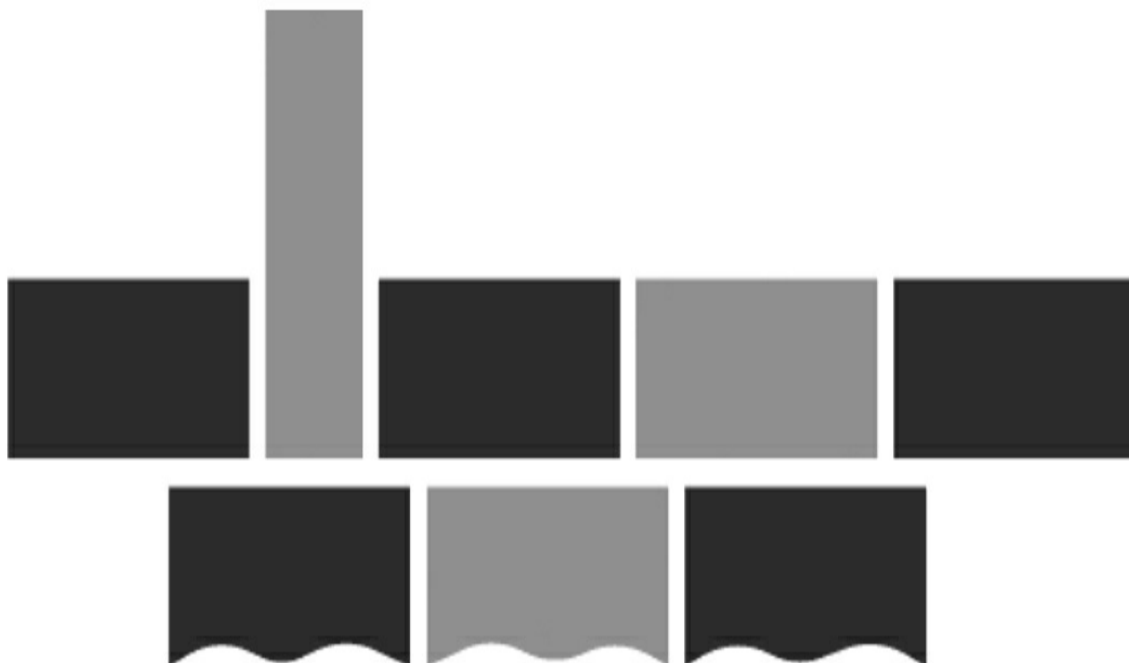
- 集群管理组件（Cluster Manager）负责管理集群的状态，通过调用Docker提供的API来连接到主机，管理容器。

- 调度组件（Scheduler）决策如何进行调度，支持多套调度方法，包括基于标签、基于是否同一镜像、基于主机、组合方法等多种调度机制。

使用Citadel首先要为调度组件提供容器类型，并指定调度所关心的资源限制；此后，调度器会根据容器类型、服务将容器启动到合适的主机上去。

### 28.3.2 Shipyard

Shipyard项目官方网站为<http://shipyard-project.com/>，代码在<https://github.com/shipyard/shipyard>维护。



Shipyard项目于2013年11月发起，它目前基于Citadel项目（部分开

发者来自同一团队），希望提供一套对Docker集群中资源进行管理的工具，包括对Docker容器、主机等资源的管理。它的最大特点是在核心部件之外还支持扩展镜像，可以根据需求灵活实现应用负载均衡、集中日志管理和自动化部署等功能。

此外，Shipyards还提供了方便用户使用的Web界面，如图28-6所示，功能更加强大的命令行操作接口，以及统一的API。

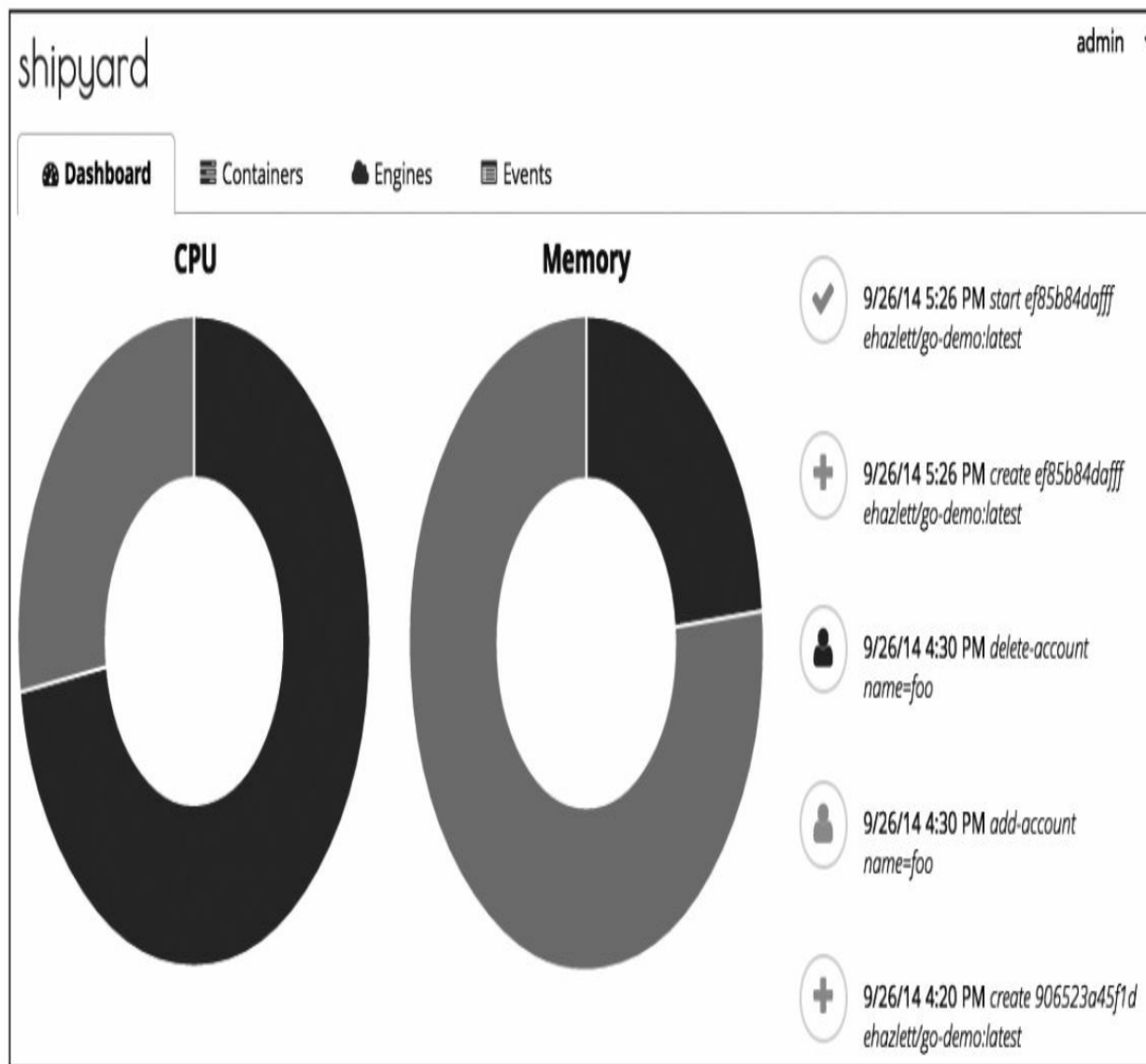


图28-6 Shipyards Web界面

### 28.3.3 DockerUI

DockerUI项目目前在<https://github.com/crosbymichael/dockerui>维护。

该项目于2013年12月发起，主要基于html/js语言实现，遵循MIT许可。用户可以通过下面的命令简单测试该工具：

```
$ docker build -t crosbymichael/dockerui github.com/crosbymichael/dockerui
$ docker run -d -p 9000:9000 -v /var/run/docker.sock:/docker.sock crosbymichael/dockerui -e /docker.sock
```

运行成功后，打开浏览器，访问<http://:9000>，如图28-7所示。

### 28.3.4 Panamax

Panamax项目官方网站为<http://panamax.io>，代码在<https://github.com/CenturyLinkLabs/panamax-ui>维护。

Panamax项目诞生于2014年3月，由CenturyLink实验室发起（是该实验室第一个孵化出的开源项目），希望通过一套优雅的界面来实现对复杂的Docker容器应用的管理，例如利用简单拖拽来完成操作。Panamax项目基于Docker、CoreOS和Fleet，可以提供对容器进行自动化管理和任务调度。

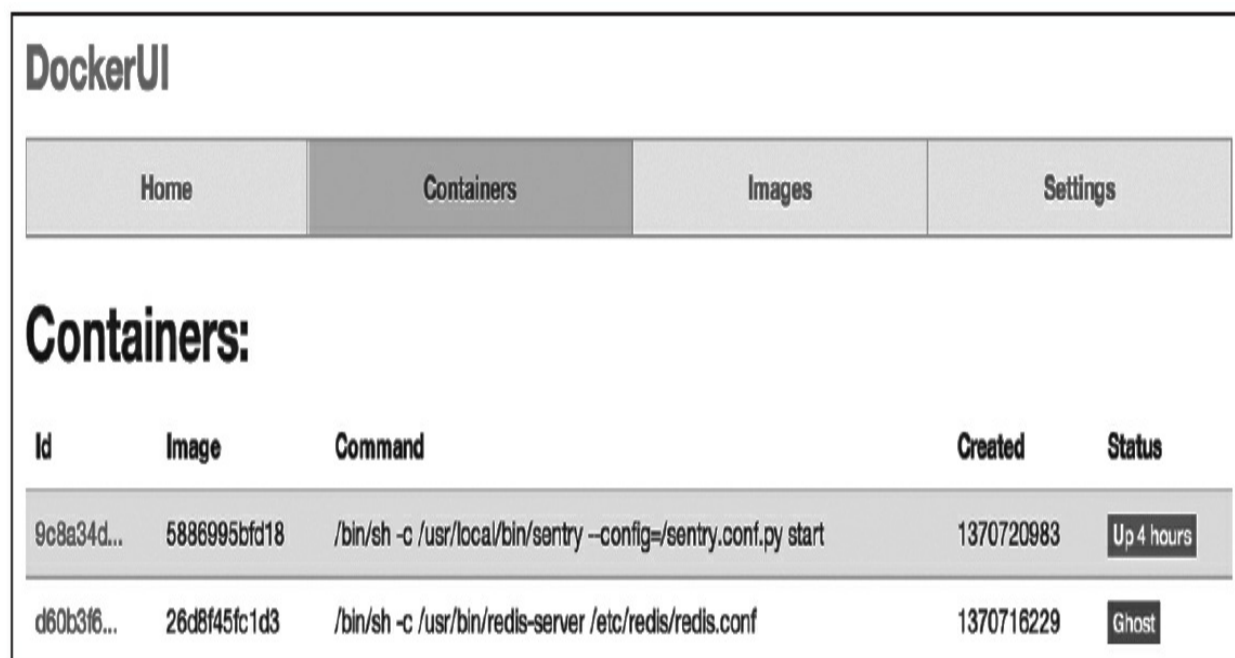


图28-7 DockerUI项目

Panamax项目基于Ruby语言，遵循Apache 2许可，可以部署在Google、Amazon等云平台甚至本地环境。

此外，Panamax还提供了开源应用的模板库，来集中管理不同应用的配置和架构，如图28-8所示。

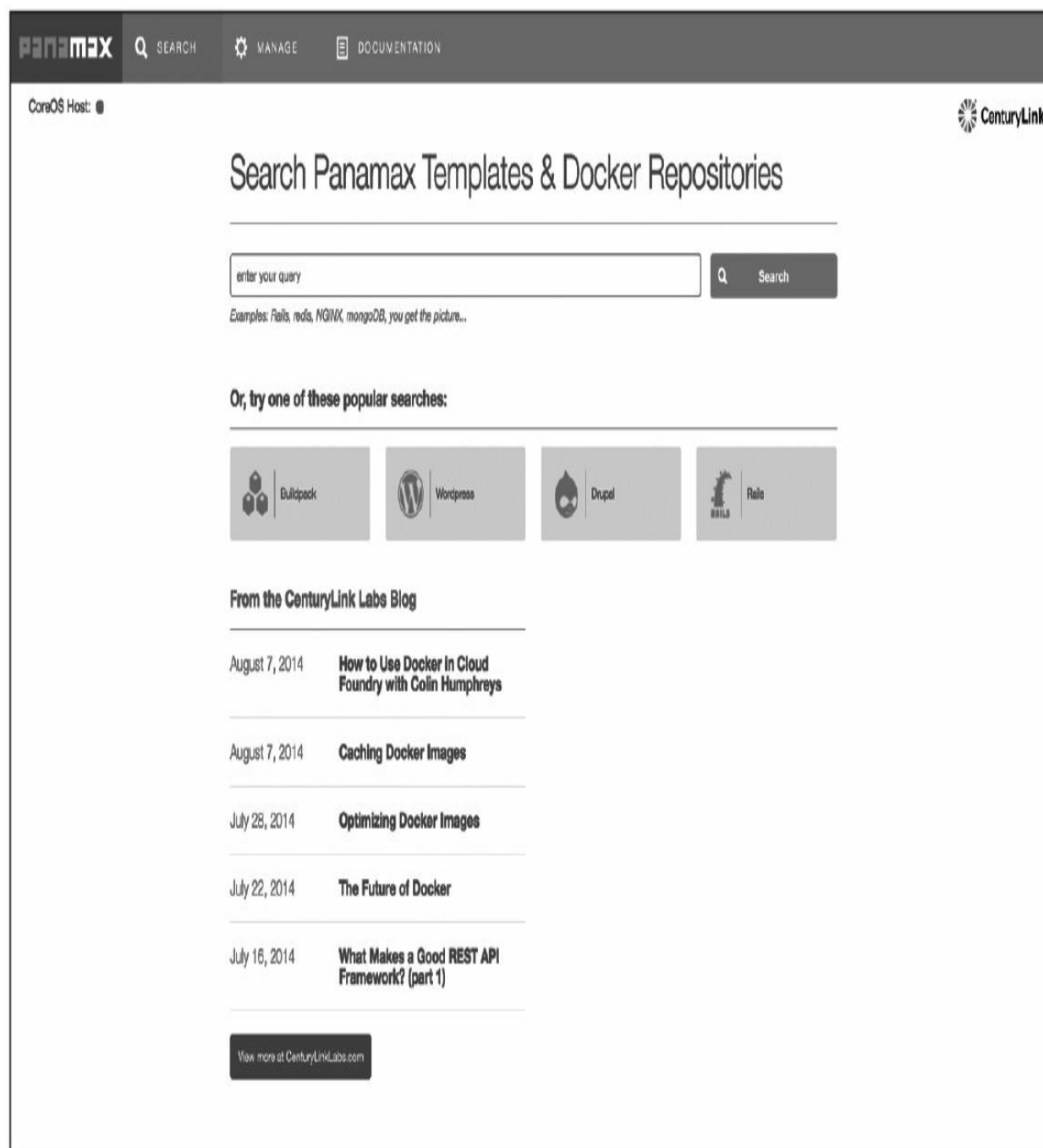


图28-8 Panamax项目

## 28.3.5 Seagull

Seagull是由小米工程师陈迪豪发布的开源Docker容器和镜像的Web界面监控工具，目前在<https://github.com/tobegit3hub/seagull>维护，如图28-9所示。

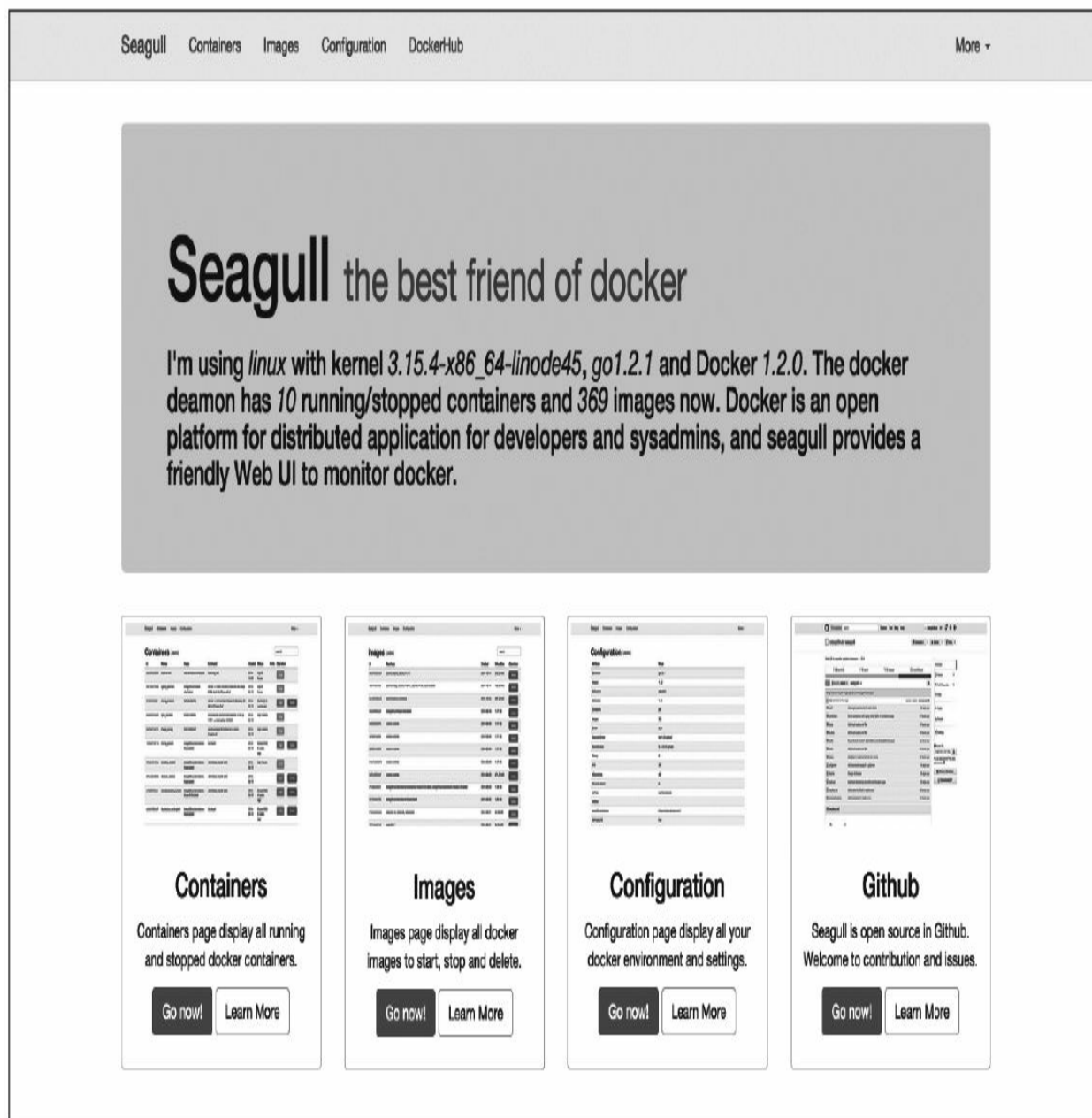


图28-9 Seagull项目

Seagull基于Go和JavaScript实现的，集成了Beego、AngularJS、

Bootstrap、Bower、JQuery和Docker等工具。它在本地运行一个Web服务，通过Beego实现的API服务器不断请求Docker本地套接字以管理Docker。使用方法如下。

下载镜像：

---

```
$ docker pull tobegit3hub/seagull
```

---

运行镜像：

---

```
$ docker run -d -p 10086:10086 -v /var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock tobegit3hub/seagull
```

---

然后就可以通过浏览器访问地址<http://127.0.0.1:10086>登录管理界面。

官方Dockerfile镜像如下：

---

```
# Base image is in https://registry.hub.docker.com/_/golang/  
# Refer to https://blog.golang.org/docker for usage  
FROM golang  
MAINTAINER tobe tobeg3oogle@gmail.com  
ENV REFREST_AT 20141023  
# ENV GOPATH /go  
# Install dependency  
RUN go get github.com/astaxie/beego  
RUN go get github.com/beego/bee  
RUN go get github.com/tobegit3hub/seagull  
# Go to the folder of seagull  
WORKDIR /go/src/github.com/tobegit3hub/seagull/  
# Build the project  
RUN go build seagull.go  
# This should be the same as httpport in conf/app.conf  
EXPOSE 10086  
# Run the server  
CMD ["/seagull"]
```

---

## 28.3.6 Dockerboard

Dockerboard是一个可视的管理工具，让Docker管理变得简单。项目地址：<https://github.com/dockerboard>，遵循MIT协议，如图28-10所示。



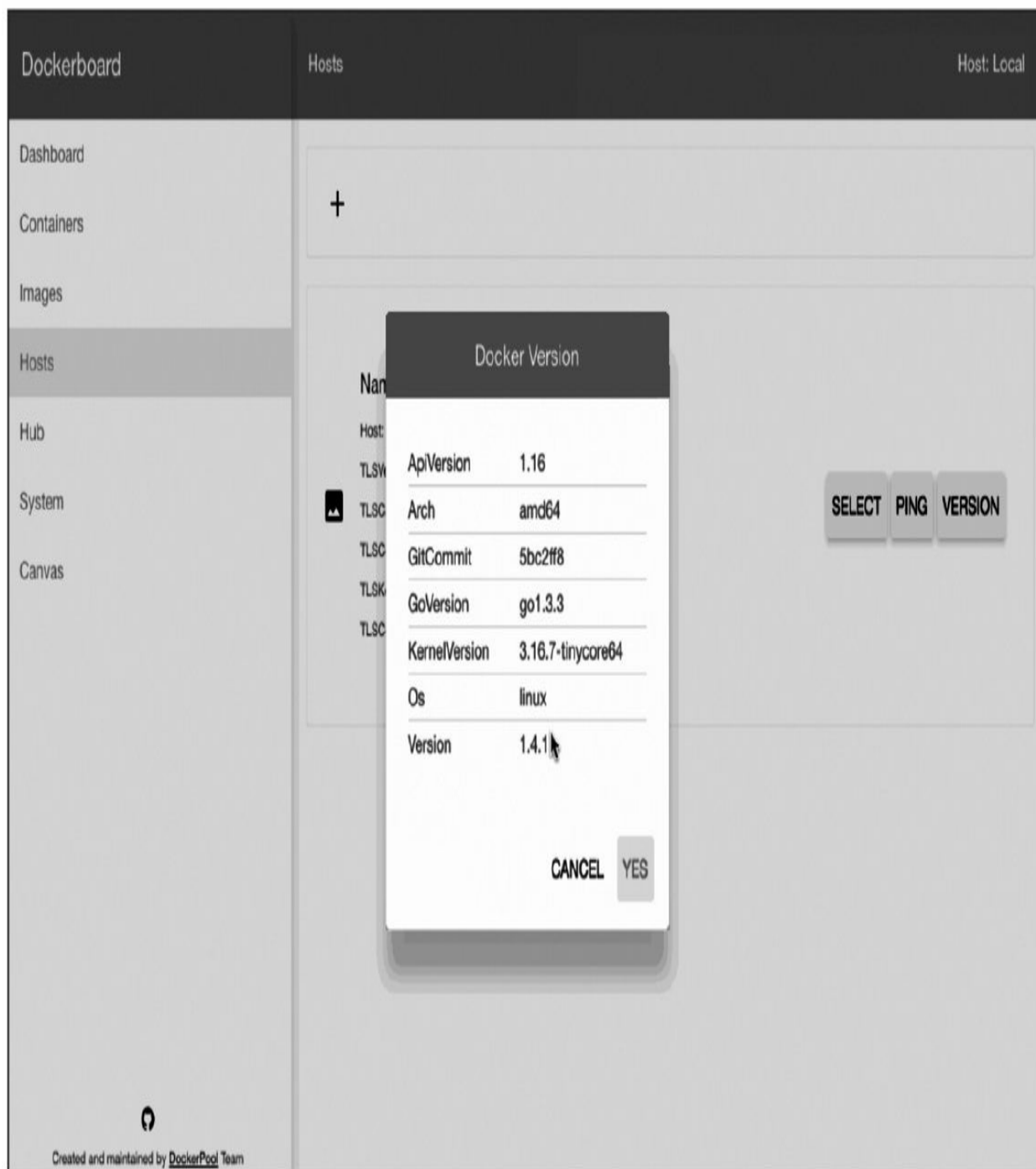


图28-10 Dockerboard项目

Dockerboard目前由两部分组成：dockerboard和bluewhale:

- dockerboard是由Go开发的后端API服务。

·bluewhale是由Angular.js搭建的前端Web UI。

## 安装&使用

默认Dockerboard可以通过<http://127.0.0.1:8001>继续访问管理；如果使用boot2docker，可以通过[http://\\$\(boot2docker ip 2>/dev/null\):8001](http://$(boot2docker ip 2>/dev/null):8001)。下面介绍几种安装方式。

### 通过Go进行安装：

---

```
$ go get github.com/dockerboard/dockerboard
$ go install github.com/dockerboard/dockerboard
$ git clone --depth 1 https://github.com/dockerboard/bluewhale.git
$ dockerboard -h
$ $(boot2docker shellinit)
$ dockerboard server -s bluewhale/dist
$ open http://$(boot2docker ip 2>/dev/null):8001
从Docker Hub获取Image进行安装
$ docker pull dockerboard/dockerboard
$ docker run -d -p 8001:8001 -v /var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock --name
  dockerboard dockerboard/dockerboard
```

---

### 当然也可以通过Dockerfile构建：

---

```
FROM golang
MAINTAINER fundon cfddream@gmail.com
RUN go get github.com/dockerboard/dockerboard
ENV GOPATH /go/src/github.com/dockerboard/dockerboard/Godeps/_workspace:/go
WORKDIR /go/src/github.com/dockerboard/dockerboard/
RUN go build dockerboard.go
RUN git clone --depth 1 https://github.com/dockerboard/bluewhale.git /bluewhale
EXPOSE 8001
ENTRYPOINT ["/.dockerboard", "server", "-s", "/bluewhale/dist"]
```

---

## 28.4 编程开发

由于Docker服务端提供了REST风格的API，通过对这些API进一步地封装，可以提供给各种开发语言作为Docker的使用库。

这里以docker-py项目为例，介绍在Python语言中对Docker相关资源进行的操作。

### 1. 安装docker-py

---

```
$ sudo
$ sudo pip install docker-py
```

---

安装后可以发现，代码结构十分清晰，主要提供了Client类，用来封装提供用户可以用Docker命令执行的各种操作，包括build、run、commit、create\_container、info等接口。

对REST接口的调用使用了request库。对于这些API，用户也可以通过curl来进行调用测试。

### 2. 使用示例

打开Python的终端，首先创建一个Docker客户端连接：

---

```
$ sudo python
>>> import docker
>>> c = docker.Client(base_url='unix://var/run/docker.sock',version='1.15',timeout=10)
```

---

通过info()方法查看Docker系统信息：

---

```
>>> c.info()
{'KernelVersion': 'u'3.13.0-24-generic', 'NFd': 19, 'MemoryLimit': 1, 'InitSha1':
  u'', 'SwapLimit': 0, 'Driver': 'aufs', 'IndexServerAddress': 'https://
  index.docker.io/v1/', 'NGoroutines': 27, 'Images': 200, 'InitPath':
  u'/usr/bin/docker', 'Containers': 2, 'ExecutionDriver': 'native-0.2',
  'Debug': 0, 'NEventsListener': 0, 'DriverStatus': [['Root Dir', u'/var
  /lib/docker/aufs'], [u'Dirs', u'204']], 'OperatingSystem': 'Ubuntu 14.04.1
  LTS', 'IPv4Forwarding': 1}
```

---

通过images()和containers()方法可以查看本地的镜像和容器的列表：

---

```
>>> c.images()
[{'Created': 1414108439, 'VirtualSize': 199257566, 'ParentId':
  u'22093c35d77bb609b9257ffb2640845ec05018e3d96cb939f68d0e19127f1723',
  'RepoTags': [u'ubuntu:latest'], 'Id': u'5506de2b643be1e6febbf3b8a240760
  c6843244c41e12aa2f60ccbb7153d17f5', 'Size': 0}]
>>> c.containers()
[{'Status': u'Up 5 seconds', 'Created': 1415086513, 'Image': u'ubuntu:latest',
  'Ports': [], 'Command': u'/bin/bash', 'Names': [u'/romantic_blackwell'],
  'Id': u'f51f2e4cc6df8829baa00018fe3a9e5112cc4d0786cc674d621e51ab795c9fd6'}]
```

---

通过create\_container()方法来创建一个容器，之后启动它：

---

```
>>> container = c.create_container(image='ubuntu:latest', command='bash')
>>> print(container)
{'Id': u'a8439e4c8e64a94a287d408fdc3ff9a0b4a8577fe3b5e32975b790afb41414af',
  'Warnings': None}
>>> c.start(container='a8439e4c8e64a94a287d408fdc3ff9a0b4a8577fe3b5e32975b790afb41414af')
```

---

可见，所提供的方法与Docker提供的命令都十分类似。实际上，在执行Docker命令的时候，也是通过Docker提供的客户端进行了封装，并向服务端发起API请求。

## 28.5 网络支持

围绕Docker网络的管理和使用，现在已经诞生了一些方便用户操作的工具和项目，代表性的工具包括pipework、Flannel、Weave以及Calico项目。

### 28.5.1 pipework

JerOme Petazzoni编写了一个叫pipework的shell脚本，代码托管在<https://github.com/jpetazzo/pipework>，该工具封装了底层通过ip、brctl等网络设备操作命令，可以简化在比较复杂的场景对容器连接的操作命令。

使用该工具，可以轻松地配置容器的IP地址、为容器划分VLAN等功能。

例如，分别启动两个终端，在其中创建两个测试容器c1和c2，并查看默认网卡配置。

利用pipework为容器c1和c2添加新的网卡eth1，并将它们连接到新创建的br1网桥上，如下所示：

---

```
$ sudo pipework br1 c1 192.168.1.1/24
$ sudo pipework br1 c2 192.168.1.2/24
```

---

此时在主机系统中查看网桥信息，会发现新创建的网桥br1，并且有两个veth端口连接上去：

---

```
$ sudo brctl show
bridge name      bridge id        STP enabled      interfaces
br1               8000.868b605fc7a4 no                veth1pl17805
                  veth1pl17806
docker0           8000.56847afe9799 no                veth89934d8
```

---

此时，容器c1和c2可以通过子网192.168.1.0/16相互连通。

另外，pipework还支持指定容器内的网卡名称、MAC地址、网络掩码和网关等配置，甚至通过macvlan连接容器到本地物理网卡，实现跨主机通信。

pipework代码只有200多行，建议进行阅读，有助于理解如何利用Linux系统上的iproute等工具实现容器连接的配置。

## 28.5.2 Flannel

Flannel由CoreOS公司推出，现在主要面向Kubernetes，为其提供底层的网络虚拟化方案，代码托管在<https://github.com/coreos/flannel>。

Flannel的设计是典型的采用覆盖网络的思路，在每个主机上添加一个隧道端点，所有跨主机的流量会经过隧道端点进行隧道封包（典型为VXLAN协议，Docker Swarm也支持），直接发送到对端，如图28-11所示。

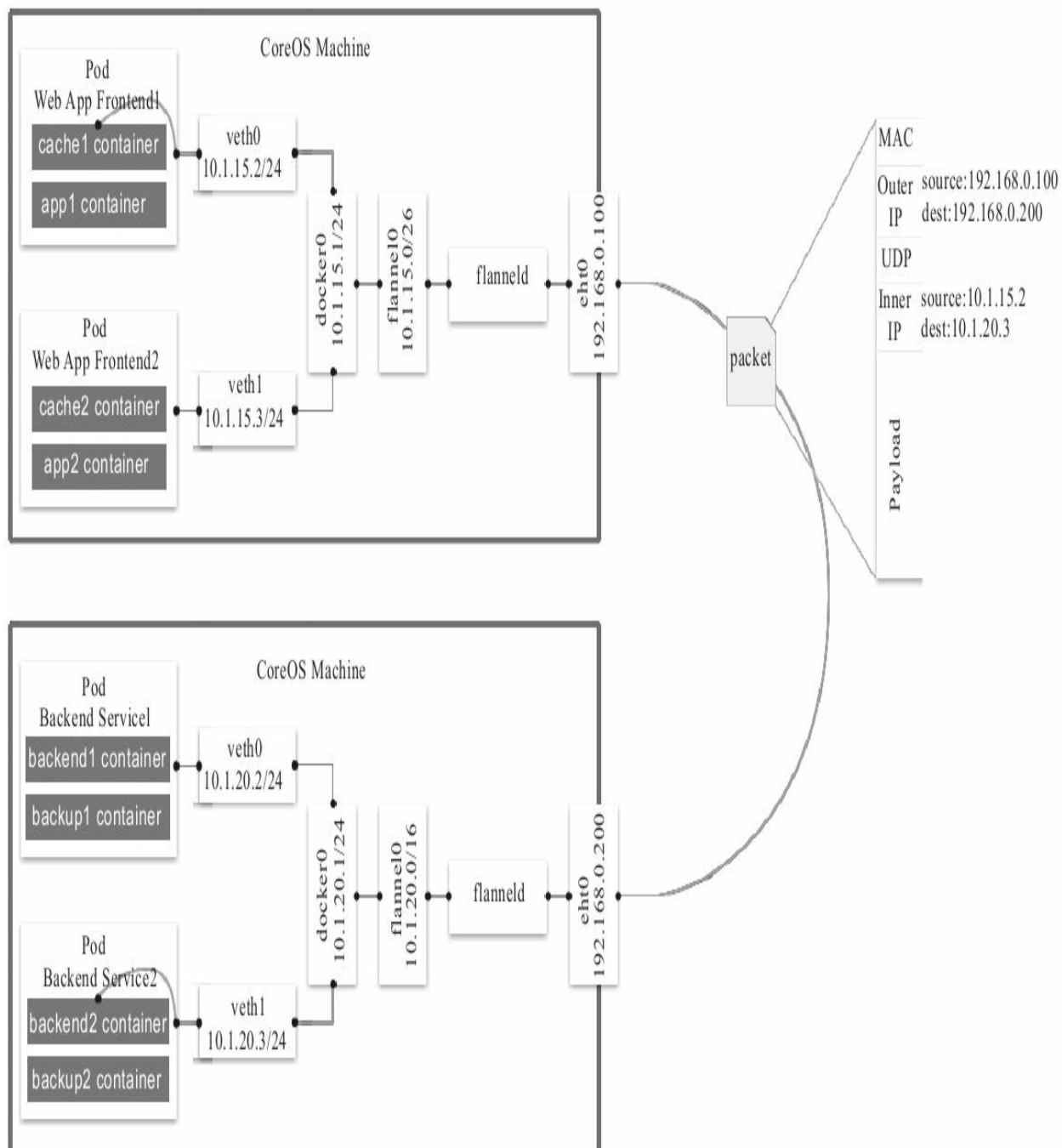


图28-11 Flannel网络示意图

跟传统的基于覆盖网络的网络虚拟化方案类似，这种设计的优势在于有很好的扩展性，只要IP连通的主机即可构成同一个虚拟网络，甚至跨数据中心。问题也很明显，一个是隧道协议目前还比较难追踪，另一个是解包和封包处理负载重，如果没有硬件offload则往往性能会有损耗。还有就是当中间路径存在负载均衡设备时，要避免均衡出现失效。

### 28.5.3 Weave Net

Weave Net由Weave公司开发的面向容器的网络虚拟化方案，项目托管在<https://github.com/weaveworks/weave>。

解决容器网络跨主机问题的思路主要是打通跨主机容器之间的通信，主要手段无非是用覆盖网络建立隧道或者是通过更改包头进行转发。

Weave Net的设计比较有意思，在每个主机上添加一个路由器，在混杂模式下使用pcap在网桥上截获网络数据包，如果该数据包是要发送到其他主机上的，则通过UDP进行转发，到目的主机所在的路由器上，目的路由器执行相反的过程利用pcap解析网包再发送给网桥。整个过程是模拟了一个隧道方式。参见图28-12。



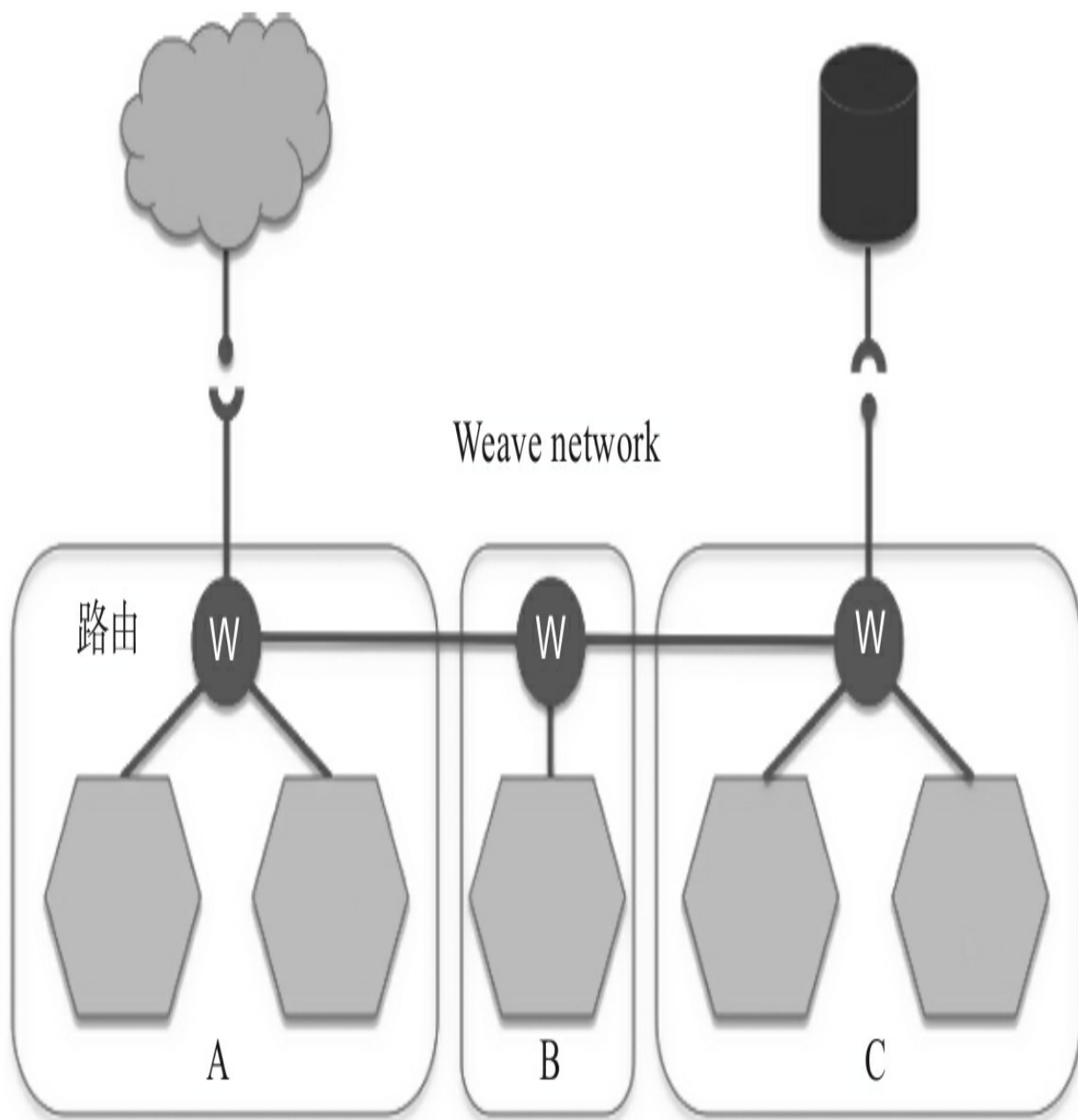


图28-12 Weave网络示意图

这样设计的好处是可以进行细粒度的管理，整个转发过程很容易追踪；潜在的问题是对管理平面（特别是路由器的自动收敛和学习）要求比较复杂，并且执行pcap过程会比较消耗计算资源。实际部署中要考虑结合软件定义网络和硬件处理等手段来缓解这两个问题。

#### 28.5.4 Calico

Calico项目官方网站在<https://www.projectcalico.org/>。

Calico的设计则更为直接，干脆不支持网络虚拟化，直接采用传统的路由转发机制，也是在每个节点上配置一个vRouter，负责处理跨主机的流量。vRouter之间通过BGP自动学习转发策略。

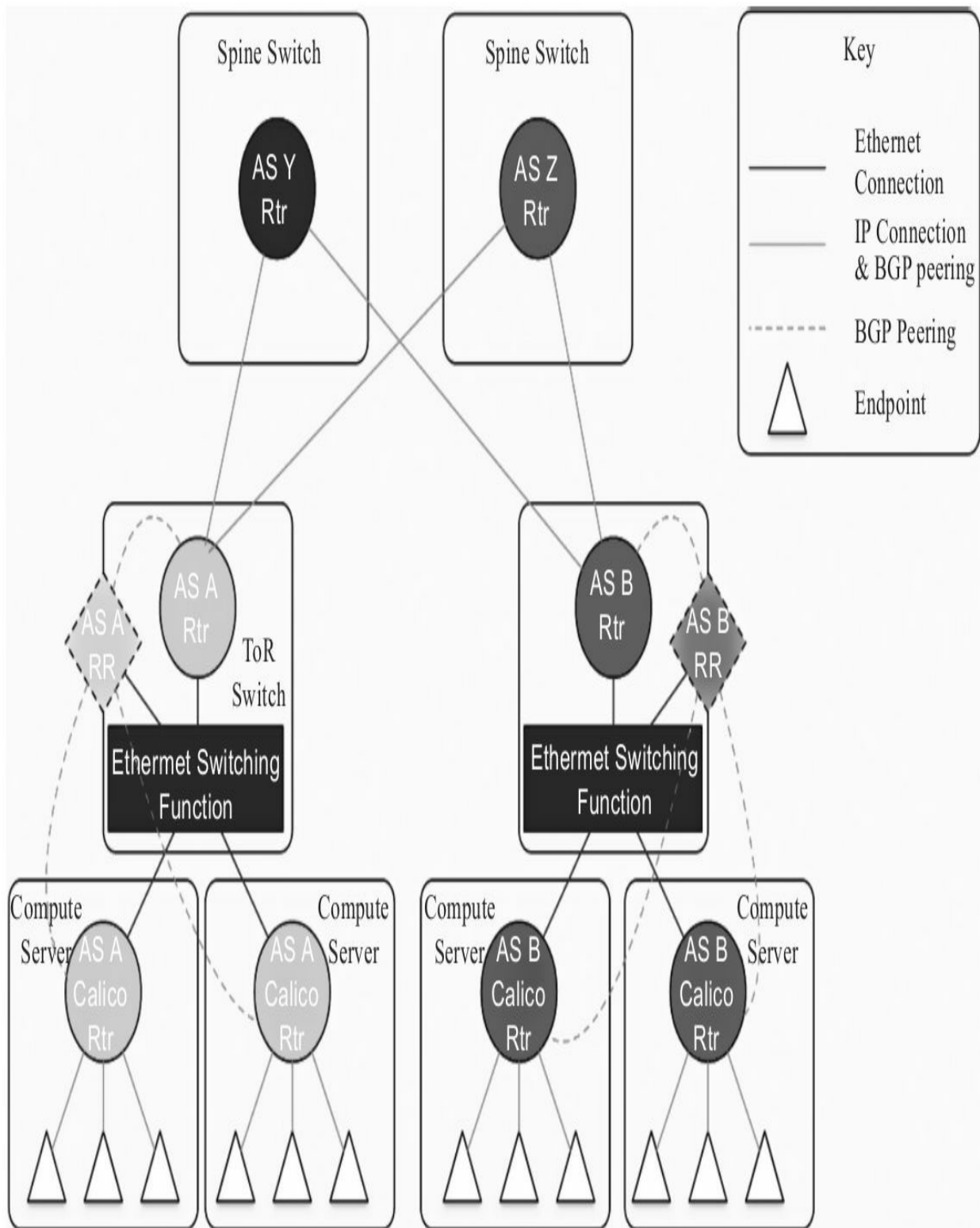


图28-13 Calico网络示意图

由于Calico不采用隧道方式，而是依赖于传统的IP转发，这就限制

了它的应用场景，无法跨数据中心，无法保障中间路径安全。但带来了容易管理、转发性能会好的一些优势。

Calico目前支持VM、Docker、Kubernetes、Openstack等多个项目的容器网络功能。

## 28.6 日志处理

### 28.6.1 Docker-Fluentd

Docker-Fluentd代码托管在<https://github.com/kiyoto/docker-fluentd>。Docker-Fluentd以容器运行，可以收集其他容器的运行日志，重定向到文件或者第三方的分析引擎中。

使用方法很简单，直接启动一个本地采集容器即可，如下所示：

---

```
$ docker run -d -v /var/lib/docker/containers:/var/lib/docker/containers kiyoto/docker-fluentd
```

---

如果要重定向到其他分析引擎，比如Elasticsearch，可以更改Dockerfile，加入如下内容：

---

```
RUN ["apt-get", "update"]
RUN ["apt-get", "install", "--yes", "make", "libcurl4-gnutls-dev"]
RUN ["usr/local/bin/gem", "install", "fluent-plugin-elasticsearch",
    "--no-rdoc", "--no-ri"]
```

---

同时修改fluent.conf如下所示：

---

```
<source>
  type tail
  path /var/lib/docker/containers/*/*-json.log
  pos_file /var/log/fluentd-docker.pos
  time_format %Y-%m-%dT%H:%M:%S
  tag docker.*
  format json
</source>
<match docker.var.lib.docker.containers.*.log>
  type record_reformer
  container_id ${tag_parts[5]}
  tag docker.all
</match>
<match docker.all>
  type elasticsearch
  log_level info
  host YOUR_ES_HOST
  port YOUR_ES_PORT
  include_tag_key true
  logstash_format true
  flush_intercal 5s
</match>
```

---

最后重新创建镜像即可。

### 28.6.2 Logspout

Logspout由gliderlabs推出，基于Golang实现，代码托管在<https://github.com/gliderlabs/logspout>。

与Fluentd类似，Logspout也是提供一个本地的agent，采集主机上所有容器的标准输出，然后发送到采集端。

Logspout支持对所采集的容器进行筛选，并且支持Syslog、Kafka、Redis、Logstash等多种采集后端。

典型的应用是发送到远端的Syslog服务器，执行命令也十分简单。需要注意如果用容器方式启动，则把本地的docker.sock句柄映射到容器内：

---

```
$ docker run --name="logspout" \
  --volume=/var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock \
  gliderlabs/logspout \
  syslog+tls://your_syslog_server:5000
```

---



注意

Logspout目前功能还在完善中，存在较大的一个问题是当与远端的采集后端连接中断后，还不支持主动重连，需要手动重启agent容器。

### 28.6.3 Sematext-agent-docker

Sematext	Docker	Agent代码托管在
<a href="https://github.com/sematext/sematext-agent-docker">https://github.com/sematext/sematext-agent-docker</a> ，通过Docker API为SPM Docker Monitor收集Metrics，事件和日志信息，它支持多种平台，CoreOS、Rancher OS、Docker Swarm、Kubernetes等。同时提供丰富的前端显示，如图28-14所示。		

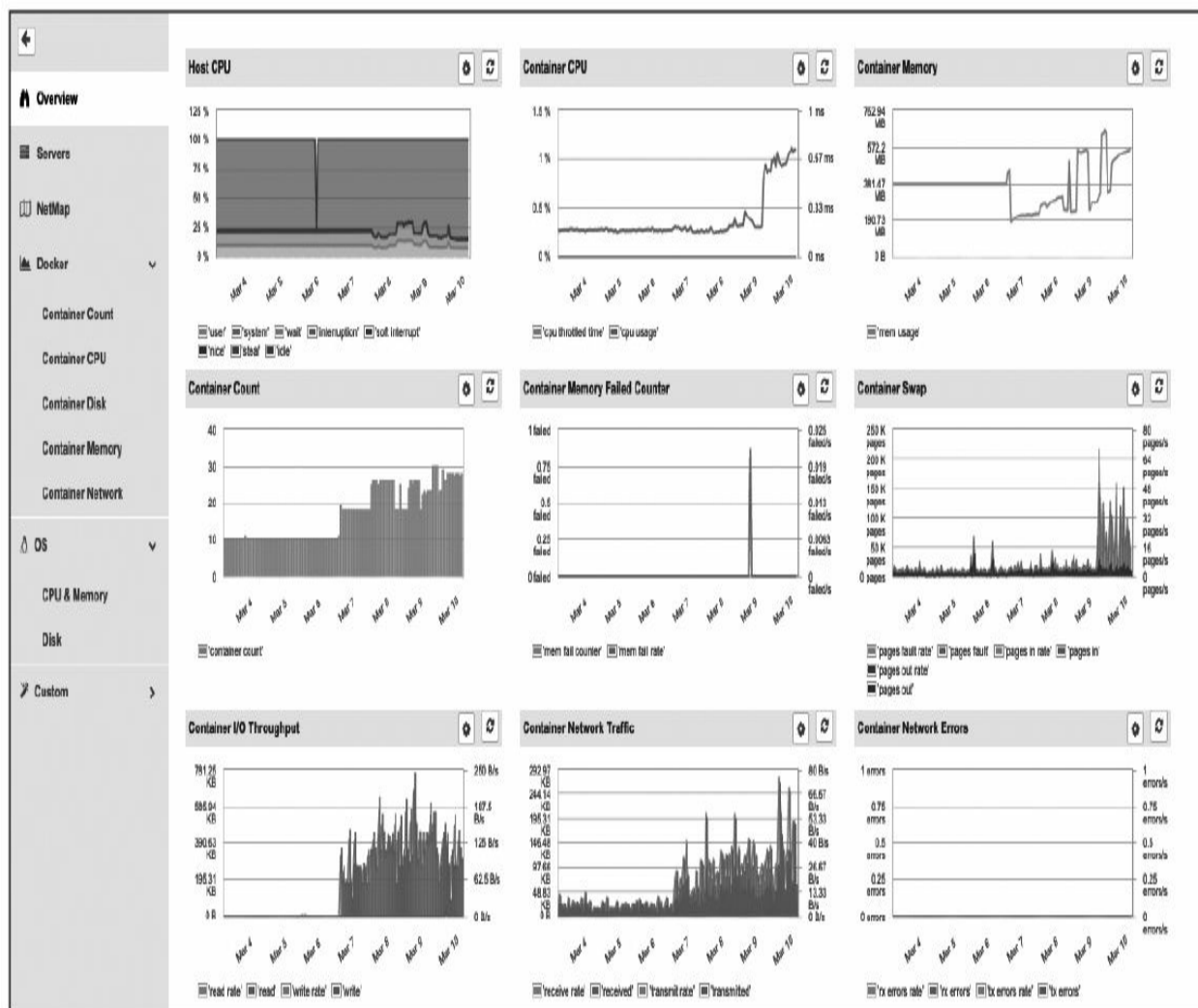


图28-14 Sematext-agent-docker提供丰富的前端显示

## 28.7 服务代理工具

服务代理（又叫反向代理）是指以代理服务器来接受internet上的连接请求，然后将请求转发给内部网络上的服务器，并将从服务器上得到的结果返回给internet上请求连接的客户端，此时代理服务器对外就表现为一个服务器。服务代理服务器也可以作为负载均衡器，隐藏后端真正服务器的细节，提高统一访问接口地址。参见图28-15。



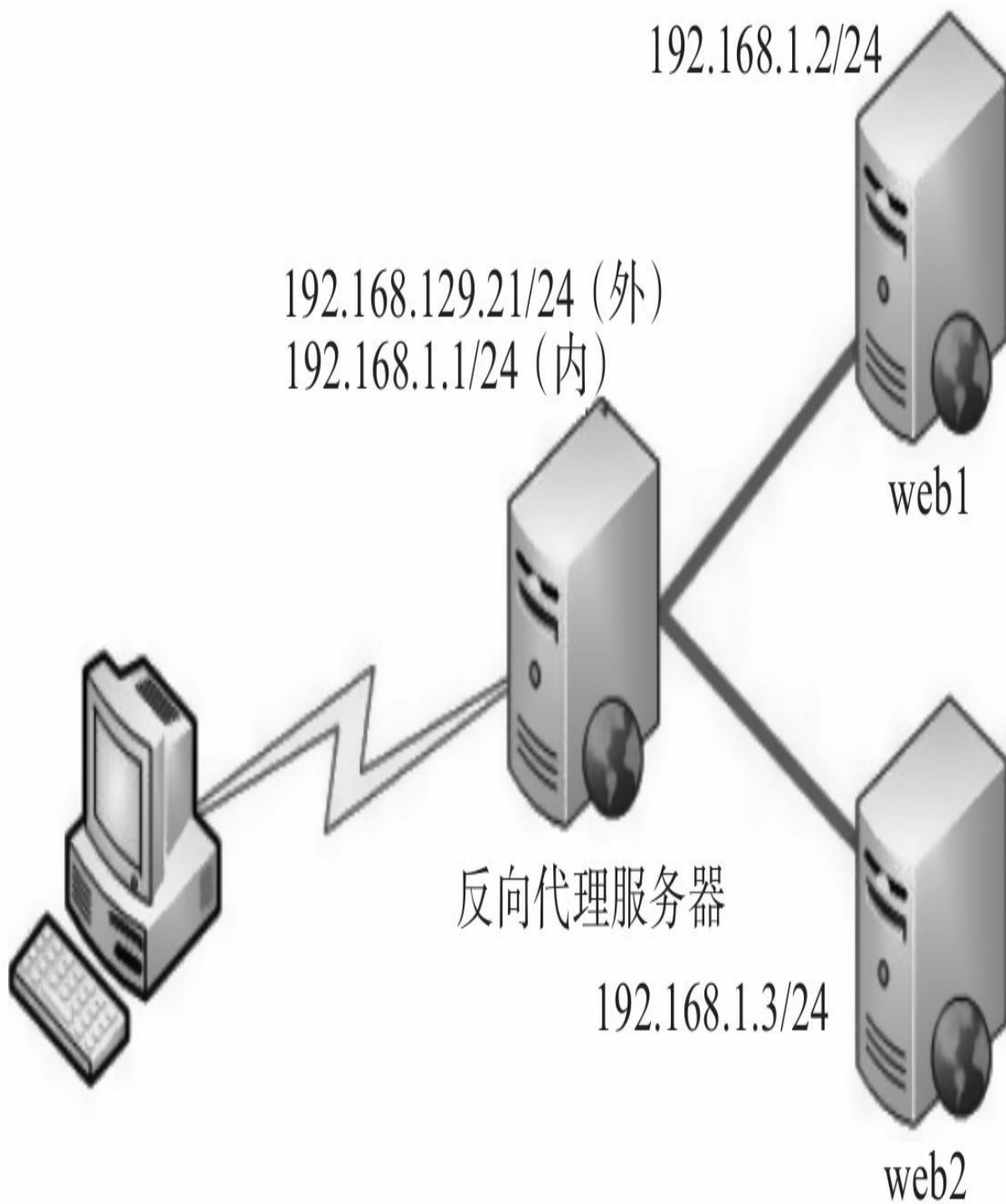


图28-15 服务代理工具的功能

下面介绍支持Docker环境的一些服务代理开源项目。

## 28.7.1 Traefik

Traefik项目官方网址为<https://traefik.io/>。代码网址为<https://github.com/containous/traefik>。

Traefix是一个可以用来简化微服务部署的HTTP代理服务器和负载均衡服务器，支持多种后端服务，包括Docker、Swarm、Mesos/Marathon、Kubernetes、Consul、Etcd、Zookeeper、BoltDB、Rest API、file等。

传统的代理服务器不适应于动态环境，配置的动态改变一般难以实现，而微服务架构恰恰是动态的，服务的添加、去除和升级经常发生。Traefix可以监听服务注册/编排的API，当服务状态发生改变时，可动态更新反向代理服务器的配置。功能逻辑图参见图28-16。

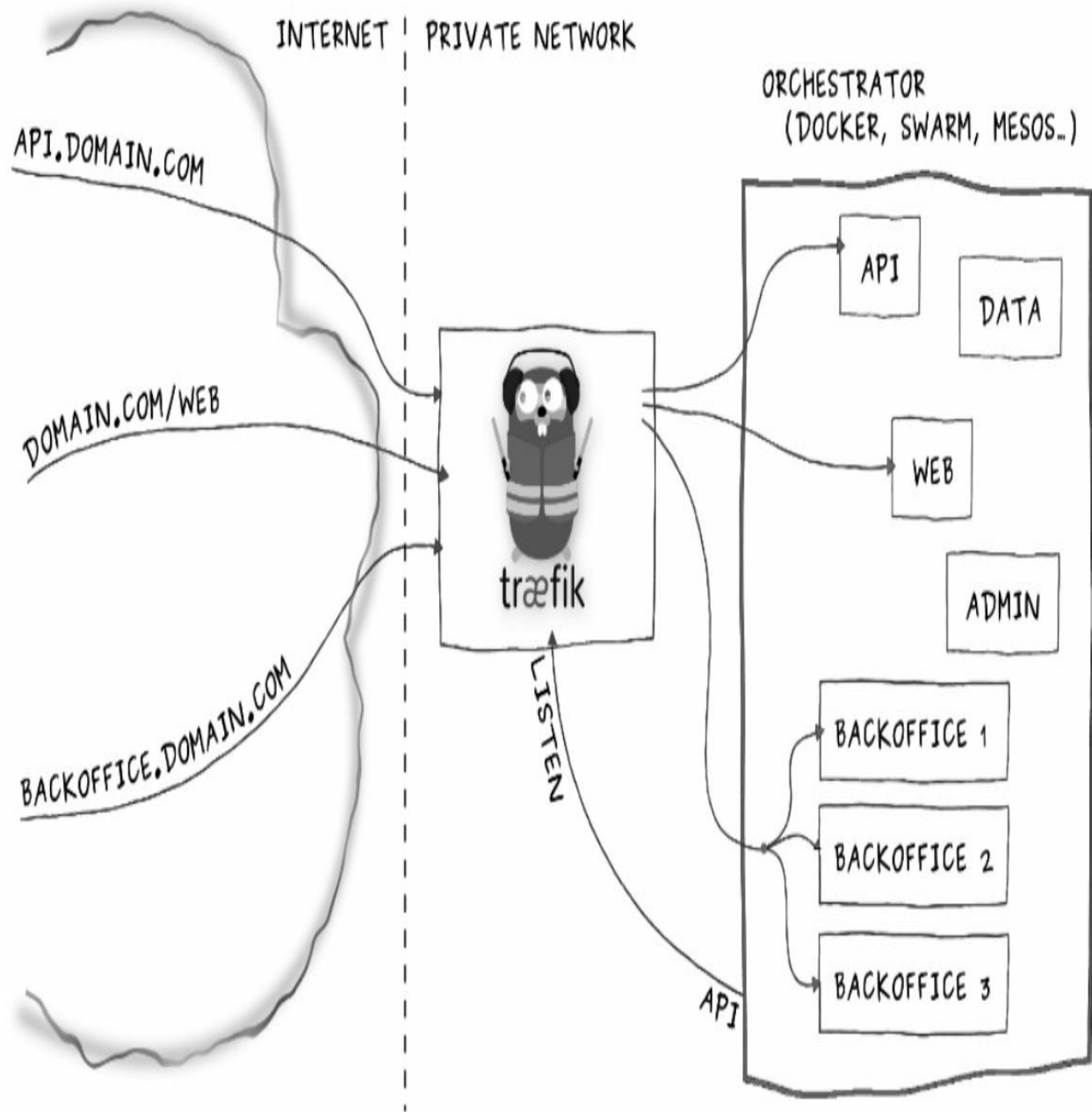


图28-16 Traefik服务代理流程

还提供可视化的WebUI进行配置和状态监测，如图28-17所示。



图28-17 Traefik的可视化管理界面

运行方式包括二进制模式和容器模式。

二进制模式运行时需下载binary和配置文件

(<https://github.com/containous/traefik/releases>和  
[https://raw.githubusercontent.com/containous/traefik/master/traefik.sample.to](https://raw.githubusercontent.com/containous/traefik/master/traefik.sample.toml)  
然后直接运行：

---

```
$ ./traefik -c traefik.toml
```

---

容器模式的命令如下：

---

```
$ docker run -d -p 8080:8080 -p 80:80 -v $PWD/traefik.toml:/etc/traefik  
/traefik.toml traefik
```

---

## 28.7.2 Muguet

Muguet代码网址为：<https://github.com/mattallty/muguet>。

Muguet除了提供服务代理功能外，还提供DNS解析功能，这样应用可以使用域名来访问容器，而不需要再使用静态端口和IP。功能逻辑图如下图28-18所示。

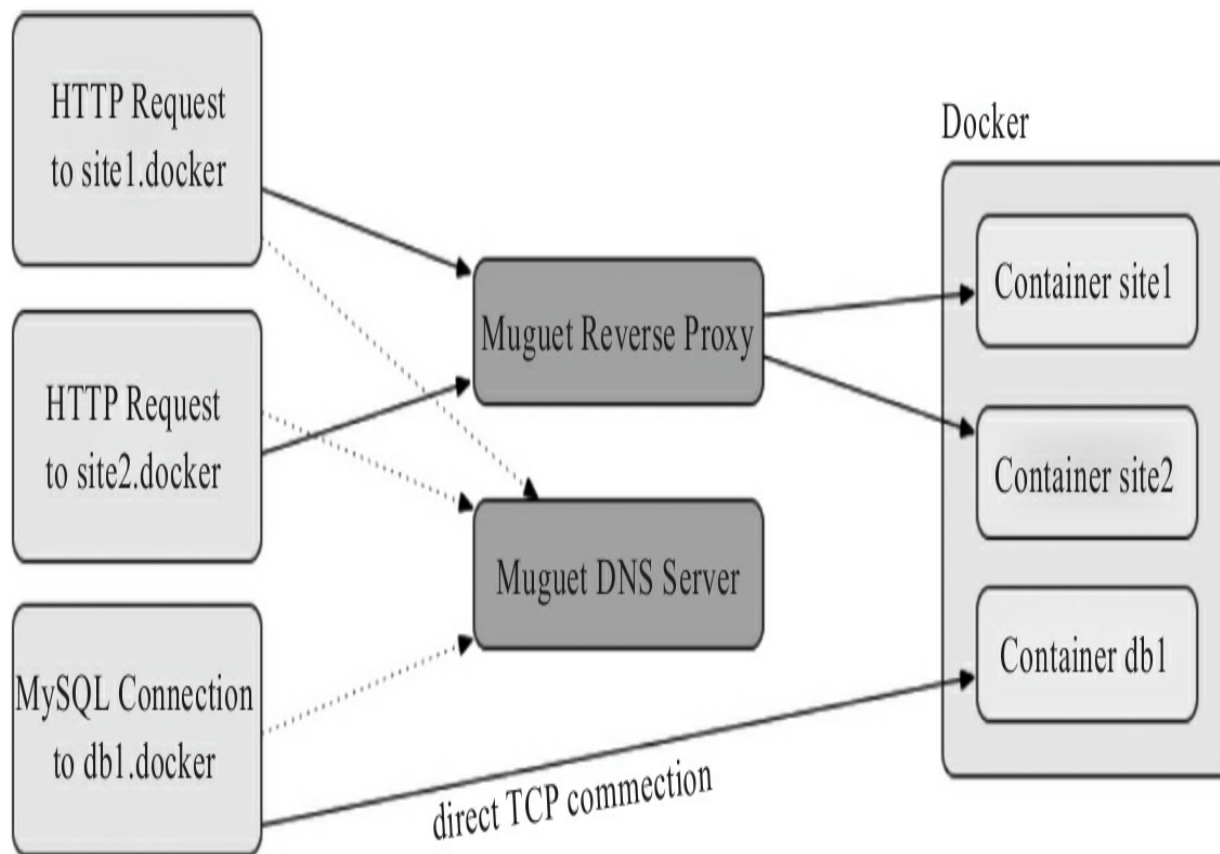


图28-18 Muguet进行反向代理和域名解析的过程

Muguet的安装和使用都比较简单：

```
Install Muguet
$ npm install -g muguet
Start Muguet (as root)
$ sudo muguet up
Usage
$ sudo muguet up [options]
```

Muguet提供WebUI，默认域名<http://muguet.docker>，如图28-19所示。

### 28.7.3 nginx-proxy

nginx-proxy代码网址为<https://github.com/jwilder/nginx-proxy>。

nginx-proxy以容器方式运行Nginx和docker-gen，其中docker-gen负责产生代理配置文件并在容器启动时进行加载。使用方法如下。

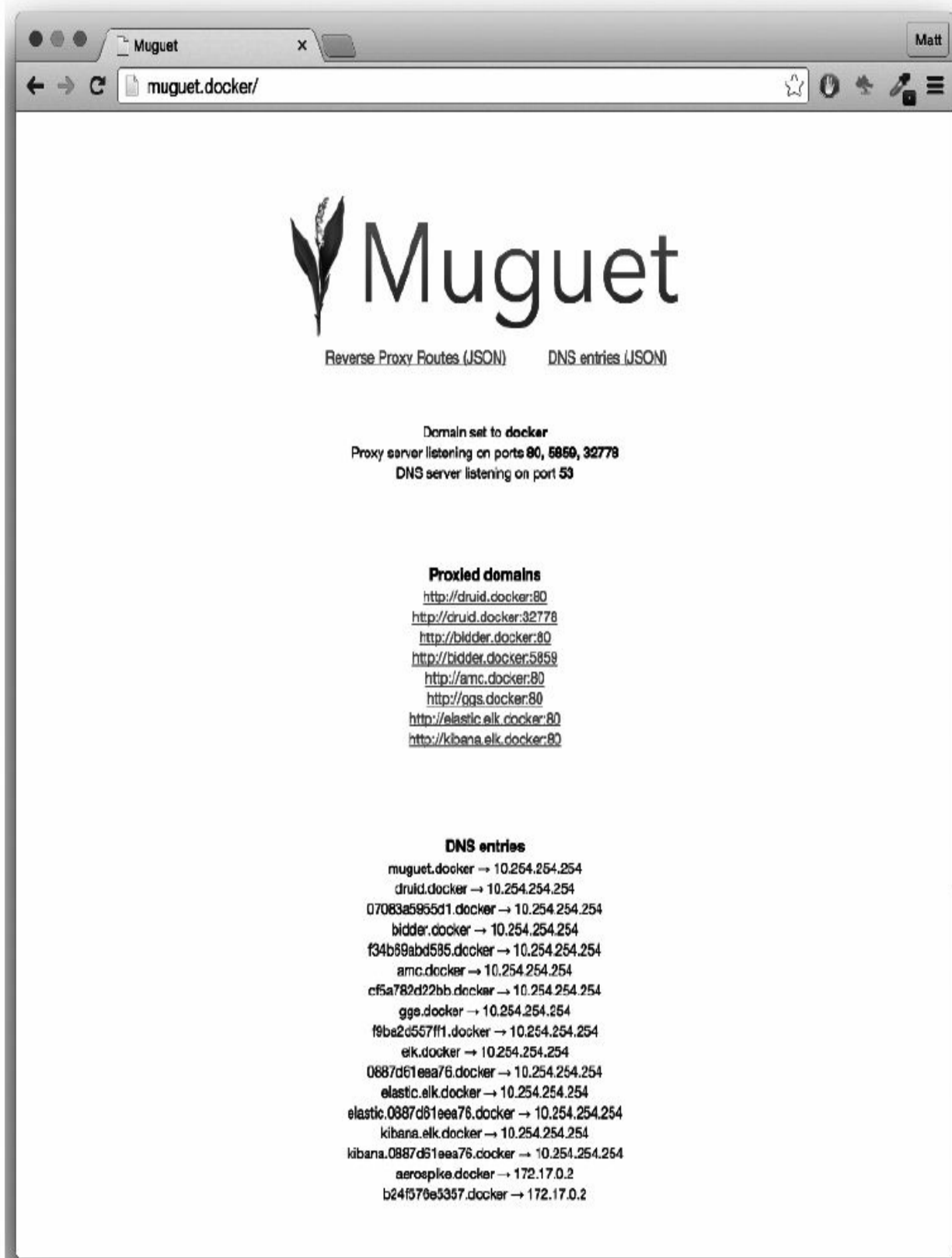


图28-19 Muguet的Web管理界面

运行nignx-proxy:

---

```
$ docker run -d -p 80:80 -v /var/run/docker.sock:/tmp/docker.sock:ro jwilder/nginx-proxy
```

---

运行需要proxy的容器:

---

```
$ docker run -d -e VIRTUAL_HOST=demo.tenxcloud.net --expose 8080 index.tenxcloud.com/tenxcloud/tomcat
```

---

注意，需要设置VIRTUAL\_HOST环境变量修改DNS，使其值指向nignx-proxy所在机器IP，同时需要使用—expose暴露容器服务端口。访问<http://demo.tenxcloud.com>即可，参见图28-20。





图28-20 Nginx的管理界面

## 28.8 标准与规范

随着Docker带来的容器技术的爆发，社区在不断增强容器技术易用性的同时，也在思考如何更长远地发展容器技术，如兼容不同的容器标准，适应更多类型的操作系统平台以及设计应用等。目前沿着这个方向努力，已经有了一些组织（如开放容器倡议OCI）在倡导成立一些推荐大家都遵守的容器标准和规范，同时也总结了一些面向云应用的设计实践经验。

### 1.runC标准

runC标准最早由Docker公司在2014年2月左右推出，项目地址为<https://github.com/opencontainers/runc>，它的目标是打造一套轻量级的、标准化的容器运行环境。

通过它，容器可以在多种平台上得到统一的运行时环境以及更好的资源隔离。目前，runC已经贡献给了开放容器倡议，得到了包括Docker、Google、IBM在内的众多厂家的支持。

目前，Docker 1.11+版本中已经默认集成了runC机制的支持。

### 2.appC标准

appC来自于另外一家容器领域的积极贡献者CoreOS公司，最早在2014年11月左右提出，项目地址为<https://github.com/appc>。

除了对运行时环境进行了一些定义，appC还对容器如何进行打包、如何保持对环境的配置（挂载点、环境变量）、如何验证镜像、如何传输镜像等尝试进行规定。

遵循appC标准，CoreOS公司实现了rkt容器机制。

目前，appC也已经贡献给了开放容器倡议组织，尝试推出更开放规范的标准。

### 3.Nulecule

Nulecule来自于RedHat公司的贡献，最早在2015年3月左右开源，项目地址为<https://github.com/projectatomic/nulecule/>。Nulecule面向的应用场景是描述由多个容器组成的复合应用栈。

目前，支持多容器应用的平台。如Docker Swarm采用了Docker Compose模板文件，而Kubernetes则采用了自定义的描述文件，它们彼此之间无法通用，那么Nulecule则都支持，它定义一套标准的、通用的、可移植的格式，定义了多容器应用的部署规范，包括应用的元数据、依赖、参数配置等。

为了支持Nulecule，RedHat公司还推出了Atomic项目，提供快速使用支持。

#### 4.开放容器格式

为了推动容器标准化，2015年6月22日，AWS、EMC、IBM、谷歌、Docker、CoreOS、redhat等数十家公司共同牵头成立了开放容器倡议组织（Open Container Initiative, OCI），旨在建立一套通用的容器规范OCF。该组织现在受到Linux基金会的支持，其官方网站为<https://www.opencontainers.org>。

目前，OCI正在推动所提出的开放容器规范（Open Container Format, OCF），融合了来自runC、appC等多家容器规范，试图打造一套移植性好、开放统一的容器标准。目前已经有了对容器运行时、镜像格式等方面的规范草案。

OCF对标准容器运行时规范制定了5条原则：

- 标准化操作（standard operations）：创建、删除、打包容器等操作都必须标准化；

- 内容无关性（contentagnostic）：操作应该跟内容无关，保持行为上的一致性；

- 平台无关性（infrastructureagnostic）：在任何支持OCI的平台上，操作都必须能同等执行；

- 设计考虑自动化（designed for automation）：标准容器是为自动化

而生，其规范必须考虑自动化条件；

·企业级交付（industrialgrade delivery）：标准容器需要适用于企业级流水线的交付任务。

## 5.云应用12要素

在云计算时代，应用的整个生命周期将在数据中心里渡过，这跟传统软件模式极大不同。

云应用实际上意味着：代码+配置+运行时环境。

什么样的软件才是可用性和可维护性好的软件？

什么样的代码才能避免后续开发的上手障碍？

什么样的实施才能可靠地运行在分布式的环境中？

Heroku（PaaS服务提供商，2010年被Salesforce收购）平台创始人Adam Winggins提出了云应用12要素（12factor），对开发者设计和实现云时代（特别是PaaS和SaaS上）高效的应用都有很好的参考意义。

### （1）Codebase——代码仓库

One codebase tracked in revision control, many deploys。

每个子系统都用独立代码库管理，使用版本管理，实现独立的部署。即将系统拆分为多个分布式应用，每个应用使用自己的代码库进行管理。多个应用之间共享的代码用依赖库的形式提供。

### （2）Dependencies——依赖

Explicitly declare and isolate dependencies。

显式声明依赖，通过环境来严格隔离不同依赖。所依赖的与所声明的保持一致，并且声明要包括依赖库的版本信息。

### （3）config——配置

Store config in the environment。

在环境变量中保存配置信息，避免放在源码或配置文件中。

#### （4）Backing Services——后端服务

Treat backing services as attached resources

后端服务（数据库、消息队列、缓存等）作为可挂载资源来使用，这样系统跟外部依赖尽量松耦合。

#### （5）Build, release, run——生命周期管理

Strictly separate build and run stages。

区分不同生命周期的运行环境，包括创建（代码编译为运行包）、发布（多个运行包和配置放一起打包，打包是一次性的，每次修改都是新的release）、运行，各个步骤的任务都很明确，要相互隔离。例如，绝对不允许在运行时去改代码和配置信息（见过太多工程师直接SSH到生产环境修bug了）。

#### （6）Processes——进程

Execute the app as one or more stateless processes。

以一个或多个无状态的进程来运行应用，即尽量实现无状态，不要在进程中保存数据。尽量通过数据库来共享数据。

#### （7）Port binding——端口

Export services via port binding。

通过端口绑定来对外提供服务。可以是HTTP、XMPP、Redis等协议。多个应用之间通过URL来使用彼此的服务。

#### （8）Concurrency——并发模型

Scale out via the process model。

通过进程控制来扩展，即尽量以多进程模型进行扩展。

### (9) Disposability——任意存活

Maximize robustness with fast startup and graceful shutdown。

快速启动（秒级响应），优雅关闭（收到SIGTERM信号后结束正在处理请求，然后退出），并尽量鲁棒（随时kill，随时crash都不应该导致问题）。

### (10) Dev/prod parity——减少开发与生产环境的差异性

Keep development, staging, and production as similar as possible。

尽量保持从开发、演练到生产部署环境的相似性。这点很不容易，真正要求工程师懂研发，还得懂运维。

### (11) Logs——日志

Treat logs as event streams。

将日志当作事件流来进行统一的管理和维护（使用Logstash等工具）。应用只需要将事件写出来，例如到标准输出stdout，剩下的由采集系统处理。

### (12) Admin processes——管理

Run admin/management tasks as one-off processes。

将管理（迁移数据库、查看状态等）作为一次性的系统服务来使用。管理代码跟业务代码要放在一起进行代码管理。

## 28.9 其他项目

### 28.9.1 CoreOS

项目官方网站为<https://coreos.com/>，代码在<https://github.com/coreos>维护。

CoreOS项目基于Python语言，遵循Apache 2.0许可，由CoreOS团队在2013年7月发起，目前已经正式发布首个稳定版本。

CoreOS项目目标是提供一个基于Rocket容器的轻量级容器化Linux发行版，通过轻量的系统架构和灵活的应用部署能力来简化数据中心的维护成本和复杂度。

CoreOS基于一套精简的Linux环境，不使用包管理工具，而将所有应用都进行容器化，彼此隔离，从而提高了系统的安全性。此外，运行期间，系统分区是只读状态，利用主从分区支持更稳定的无缝升级。配合Etcd（分布式高可用的键值数据库）、Fleet（分布式init任务管理）、Flannel（Overlay网络管理）等工具，CoreOS也将适用于在大规模集群环境中进行使用。参见图28-21。

docker  
containers

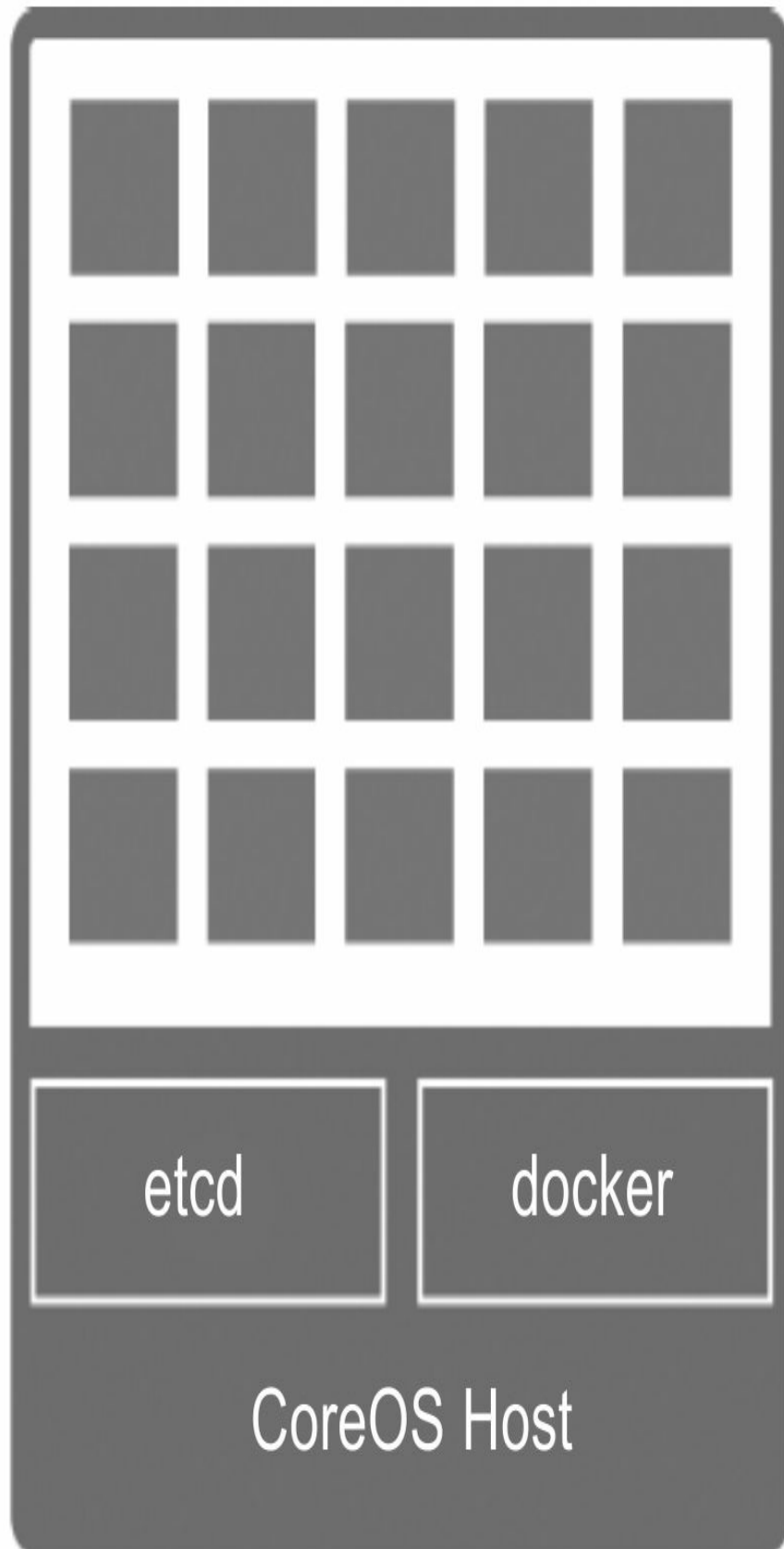




图28-21 CoreOS项目

该项目目前得到了KPCB等多家基金的投资。

### 28.9.2 OpenStack支持

OpenStack是近些年Linux基金会发起的，最受欢迎的云开源项目。项目的官方网站在<http://www.openstack.org>。项目遵循Apache许可，受到包括IBM、Cisco、AT&T、HP、Rackspace等众多企业的大力支持。

项目的目标是搭建一套开源的架构即服务（Infrastructure as a Service, IaaS）实现方案，主要基于Python语言实现。该项目孵化出来的众多子项目已经在业界产生了诸多影响。

OpenStack目前除了可以管理众多虚拟机外，其计算服务（Nova）已经支持了对Docker的驱动，此外，还支持通过Stack管理引擎Heat子项目来使用模板管理Docker容器。

例如，下面的Heat模板，定义了使用Docker容器运行一个cirros镜像：

---

```
heat_template_version: 2013-05-23
description: Single compute instance running cirros in a Docker container.
resources:
  my_instance:
    type: OS::Nova::Server
    properties:
      key_name: ewindisch_key
      image: ubuntu-precise
      flavor: m1.large
      user_data: #include https://get.docker.io
  my_docker_container:
    type: DockerInc::Docker::Container
    docker_endpoint: { get_attr: [my_instance, first_address] }
    image: cirros
```

---

此外，OpenStack自身的部署也可以基于Docker技术，从而得到极大的简化，甚至更进一步地，可以通过Kubernetes等容器云方案快速启动一套OpenStack环境。

### 28.9.3 dockerize

一般来说，要将一个应用放到容器里，需要考虑两方面的因素，一是应用依赖的配置信息；二是应用运行时候的输出日志信息。dockerize是一个Go程序，试图简化这两方面的管理成本，目前代码

在<https://github.com/jwilder/dockerize>维护。

它主要可以提供两个功能，一是对于依赖于配置文件的应用，能自动提取环境变量并生成配置文件；另外一个是将应用输出的日志信息重定向到STDOUT和STDERR。

下面给出一个简单的例子，比如要创建一个Nginx镜像，标准的Dockerfile内容为：

---

```
FROM ubuntu:14.04
# Install Nginx.
RUN echo "deb http://ppa.launchpad.net/nginx/stable/ubuntu trusty main" >
    /etc/apt/sources.list.d/nginx-stable-trusty.list
RUN echo "deb-src http://ppa.launchpad.net/nginx/stable/ubuntu trusty main" >>
    /etc/apt/sources.list.d/nginx-stable-trusty.list
RUN apt-key adv --keyserver keyserver.ubuntu.com --recv-keys C300EE8C
RUN apt-get update
RUN apt-get install -y nginx
RUN echo "daemon off;" >> /etc/nginx/nginx.conf
EXPOSE 80
CMD nginx
```

---

使用dockerize，则需要在最后的CMD命令中利用dockerize进行封装，利用模板生成应用配置文件，并重向日志文件输出到标准输出。

首先，创建配置模板文件为default.tmpl，内容是：

---

```
server {
    listen 80 default_server;
    listen [::]:80 default_server ipv6only=on;
    root /usr/share/nginx/html;
    index index.html index.htm;
    # Make site accessible from http://localhost/
    server_name localhost;
    location / {
        access_log off;
        proxy_pass {{ .Env.PROXY_URL }};
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;
        proxy_set_header Host $host;
        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;
    }
}
```

---

该模板将接收来自环境变量PROXY\_URL的值。

编辑新的Dockerfile内容为：

---

```
FROM ubuntu:14.04
# Install Nginx.
RUN echo "deb http://ppa.launchpad.net/nginx/stable/ubuntu trusty main" >
    /etc/apt/sources.list.d/nginx-stable-trusty.list
RUN echo "deb-src http://ppa.launchpad.net/nginx/stable/ubuntu trusty main" >>
    /etc/apt/sources.list.d/nginx-stable-trusty.list
RUN apt-key adv --keyserver keyserver.ubuntu.com --recv-keys C300EE8C
RUN apt-get update
RUN apt-get install -y wget nginx
RUN echo "daemon off;" >> /etc/nginx/nginx.conf
RUN wget https://github.com/jwilder/dockerize/releases/download/v0.0.1
    /dockerize-linux-amd64-v0.0.1.tar.gz
RUN tar -C /usr/local/bin -xvzf dockerize-linux-amd64-v0.0.1.tar.gz
```

---

```
ADD default.tpl /etc/nginx/sites-available/default.tpl
EXPOSE 80
CMD dockerize -template /etc/nginx/sites-available/default.tpl:/etc/nginx
/sites-available/default -stdout /var/log/nginx/access.log -stderr /var/log
/nginx/error.log nginx
```

---

最后的CMD命令中利用-template参数指定了配置模板位置，以及生成的配置文件的位置。

创建镜像后，通过如下的方式启动一个容器，整个过程无需手动添加Nginx的配置文件，并且日志重定向到了标准输出。

---

```
$ docker run -p 80:80 -e PROXY_URL="http://jasonwilder.com" --name nginx -d nginx
```

---

## 28.9.4 Unikernel

轻量级的精简内核技术，项目地址为<http://www.unikernel.org>。

不同于传统的支持多用户多应用的操作系统内核，Unikernel技术的目的是为运行的应用编译链接进入所需要的操作系统函数，形成一个单独的编译映像，内核只提供单一地址空间。无需其他无关的软件，这个映像就可以运行在虚拟机中。

Unikernel特点包括：单一镜像、安全、超轻量级和快速启动。

不同于容器的共享操作系统内核，Unikernel是精简内核，每个应用实际上仍然运行在各自的超轻量级虚拟机中。

比较流行的Unikernel系统包括：

- ClickOS：NEC提出的专门为网络应用优化的系统，支持C、C++和Python；

- Clive：面向云环境的精简操作系统，基于Golang实现；

- HaLVM：早期Unikernels系统之一，基于Haskell语言实现；

- LING：早期Unikernels系统之一，基于Erlang语言实现；

- MirageOS：早期Unikernels系统之一，基于Ocaml语言实现；

- OSv: 基于Java, 支持绝大多数JAR文件部署和运行。

- Rumprun: 基于NetBSD项目, 专注于符合POSIX标准的、不需要Fork的应用程序, 方便将现有Linux程序移植到Unikernel上;

- runtime.js: 基于Javascript v8引擎的操作系统, 支持JavaScript应用。

目前, 专注于Unikernel技术的Unikernel Systems公司已被Docker公司收购, 作为对容器技术未来方向的探索和补充。

### 28.9.5 容器化的虚拟机

不少企业应用仍运行在传统的虚拟机中, 这些应用希望吸收容器高性能、便捷的优势, 也不想放弃虚拟机安全的特点。因此, 出现了一些开源项目试图让虚拟机的hypervisor来支持容器格式, 代表性的项目有Hyper。Hyper项目的官方网站为<https://www.hyper.sh/>。

Hyper项目试图让容器用户仍然像使用容器一样来操作Hyper容器。只不过Hyper容器不同于传统的容器, 它带有精简的操作系统内核。因此, 从核心上说它是一个轻量级的虚拟机镜像, 可以直接跑在hypervisor上, 但是借鉴了来自容器的优秀设计, 提供十分快速的体验。

## 28.10 本章小结

本章介绍了围绕Docker生态环境的一些热门技术项目，包括云平台构建、持续集成、容器管理和编程开发等方向。

一项新兴技术能否成功，技术自身的设计、实现固然重要，但围绕技术的生态环境和经济体系往往更为关键。

笔者很欣喜地看到，Docker已经得到了广泛的认同和支持。

基于Docker的平台即服务和持续集成这两大方面，是笔者认为Docker技术的所谓“杀手级应用”。这些项目充分结合了Docker技术的特点，能够充分地发挥出使用Docker的技术优势。

在具体的生产环境中使用Docker，则无法绕开容器管理和编程开发这两种需求。特别是大规模的容器管理，将是一个颇有挑战的难题。不断出现的各种方案，特别是有众多IT巨头支持的Kubernetes将在一定程度上缓解，但仍不能说解决了这个挑战。

最后，包括Flannel、Weave等特色项目的出现，以及OpenStack这类项目对Docker的快速支持，都证明了在某种意义上容器在站稳脚跟之后，已经开始主动引导和影响技术体系的变革，这毫无疑问将推动信息技术产品再上新的台阶！

## 附录

- 附录A 常见问题总结
- 附录B Docker命令查询
- 附录C 参考资源链接

## 附录A 常见问题总结

### A.1 镜像相关

#### 1.如何批量清理临时镜像文件？

答：可以使用`docker rmi $(docker images -q -f dangling=true)`命令。

#### 2.如何查看镜像支持的环境变量？

答：可以使用`docker run IMAGE env`命令。

#### 3.本地的镜像文件都存放在哪里？

答：与Docker相关的本地资源都存放在`/var/lib/docker/`目录下，以aufs文件系统为例，其中`container`目录存放容器信息，`graph`目录存放镜像信息，`aufs`目录下存放具体的镜像层文件。

#### 4.构建Docker镜像应该遵循哪些原则？

答：整体原则上，尽量保持镜像功能的明确和内容的精简，要点包括：

- 尽量选取满足需求但较小的基础系统镜像，例如大部分时候可以选择`debian: wheezy`或`debian: jessie`镜像，仅有不足百兆大小；
- 清理编译生成文件、安装包的缓存等临时文件；
- 安装各个软件时候要指定准确的版本号，并避免引入不需要的依赖；
- 从安全角度考虑，应用要尽量使用系统的库和依赖；
- 如果安装应用时候需要配置一些特殊的环境变量，在安装后要还原不需要保持的变量值；
- 使用Dockerfile创建镜像时候要添加`.dockerignore`文件或使用干净的工作目录。

5.碰到网络问题，无法pull镜像，命令行指定http\_proxy无效，怎么办？

答：在Docker配置文件中添加export http\_proxy="http://<PROXY\_HOST>:<PROXY\_PORT>", 之后重启Docker服务即可。

## A.2 容器相关

1.容器退出后，通过docker ps命令查看不到，数据会丢失么？

答：容器退出后会处于终止（exited）状态，此时可以通过docker ps -a命令查看。其中的数据也不会丢失，还可以通过docker start命令来启动它。只有删除掉容器才会清除所有数据。

2.如何停止所有正在运行的容器？

答：可以使用docker kill \$(docker ps -q)命令。

3.如何清理批量后台停止的容器？

答：可以使用docker rm -f \$(docker ps -qa)命令。

4.如何获取某个容器的PID信息？

答：可以使用docker inspect --format '{{ .State.Pid }}'<CONTAINERID or NAME>命令。

5.如何获取某个容器的IP地址？

答：可以使用docker inspect --format '{{ .NetworkSettings.IPAddress }}'<CONTAINER ID orNAME>命令。

6.如何给容器指定一个固定IP地址，而不是每次重启容器IP地址都会变？

答：目前Docker并没有提供直接的对容器IP地址的管理支持，用户可以参考本书第20章“网络配置”中介绍的创建点对点连接例子，来手动配置容器的静态IP。或者在启动容器后，再手动进行修改。还可参考后



面“其他”类的问题：“如何进入Docker容器的网络命名空间？”

### 7.如何临时退出一个正在交互的容器的终端，而不终止它？

答：按Ctrl-p Ctrl-q。如果按Ctrl-c往往会让容器内应用进程终止，进而会终止容器。

### 8.使用docker port命令映射容器的端口时，系统报错“Error: No public port '80' published for xxx”，怎么办？

答：创建镜像时Dockerfile要通过EXPOSE命令指定正确的开放端口；容器启动时指定PublishAllPort=true。

### 9.可以在一个容器中同时运行多个应用进程么？

答：一般并不推荐在同一个容器内运行多个应用进程。如果有类似需求，可以通过一些额外的进程管理机制，比如supervisord来管理所运行的进程。可以参考[https://docs.docker.com/articles/using\\_supervisord/](https://docs.docker.com/articles/using_supervisord/)。

### 10.如何控制容器占用系统资源（CPU、内存）的份额？

答：在使用docker create命令创建容器或使用docker run创建并启动容器的时候，可以使用-c|--cpu-shares[=0]参数来调整容器使用CPU的权重；使用-m|--memory[=MEMORY]参数来调整容器使用内存的大小。

## A.3 仓库相关

### 1.仓库（Repository）、注册服务器（Registry）、注册索引（Index）之间有何关系？

首先，仓库是存放一组关联镜像的集合，比如同一个应用的不同版本的镜像。注册服务器是存放实际的镜像文件的地方。注册索引负责维护用户的账号、权限、搜索、标签等的管理。因此，注册服务器利用注册索引来实现认证等管理。

2.从非官方仓库（例如non-official-repo.com）下载镜像时候，有时会提示“Error: Invalid registry endpoint https://non-official-repo.com/v1/.....”，怎么办？

答：Docker自1.3.0版本往后，加强了对镜像安全性的验证，需要添加私有仓库证书，或者手动添加对非官方仓库的信任。编辑Docker配置文件，在其中添加：DOCKER\_OPTS="--insecure-registry non-official-repo"之后，重启Docker服务即可。

## A.4 配置相关

### 1.Docker的配置文件放在哪里，如何修改配置？

答：使用upstart的系统（如Ubuntu 14.04）的配置文件在/etc/default/docker，使用systemd的系统（如Ubuntu 16.04、Centos等）的配置文件在/etc/systemd/system/docker.service.d/docker.conf。

Ubuntu下面的配置文件内容如下，读者可以参考配。（如果出现该文件不存在的情况，重启或者自己新建一个文件都可以解决。）

---

```
# Customize location of Docker binary (especially for development testing).
#DOCKERD="/usr/local/bin/dockerd"
# Use DOCKER_OPTS to modify the daemon startup options.
#DOCKER_OPTS="--dns 8.8.8.8 --dns 8.8.4.4"
# If you need Docker to use an HTTP proxy, it can also be specified here.
#export http_proxy="http://127.0.0.1:3128/"
# This is also a handy place to tweak where Docker's temporary files go.
#export TMPDIR="/mnt/bigdrive/docker-tmp"
```

---

### 2.如何更改Docker的默认存储位置？

答：Docker的默认存储位置是/var/lib/docker，如果希望将Docker的本地文件存储到其他分区，可以使用Linux软连接的方式来完成，或者在启动daemon时通过-g参数指定。

例如，如下操作将默认存储位置迁移到/storage/docker。

---

```
[root@s26 ~]# df -h
Filesystem                Size      Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/VolGroup-lv_root 50G       5.3G    42G   12% /
tmpfs                      48G       228K    48G    1% /dev/shm
/dev/sda1                  485M       40M    420M    9% /boot
/dev/mapper/VolGroup-lv_home 222G      188M    210G    1% /home
/dev/sdb2                   2.7T      323G    2.3T   13% /storage
[root@s26 ~]# service docker stop
[root@s26 ~]# cd /var/lib/
[root@s26 lib]# mv docker /storage/
[root@s26 lib]# ln -s /storage/docker/ docker
[root@s26 lib]# ls -la docker
lrwxrwxrwx. 1 root root 15 11月17 13:43 docker -> /storage/docker
[root@s26 lib]# service docker start
```

---

### 3.使用内存和swap限制启动容器时候收到警告：“WARNING: Your

kernel does not support cgroup swap limit.WARNING: Your kernel does not support swap limit capabilities.Limitation discarded.”，怎么办？

答：这是因为系统默认没有开启对内存和swap使用的统计功能，引入该功能会带来性能的下降。要开启该功能，可以采取如下操作：

1) 编辑/etc/default/grub文件（Ubuntu系统为例），配置GRUB\_CMDLINE\_LINUX="cgroup\_enable=memory swapaccount=1"；

2) 更新grub：\$sudo update-grub；

3) 重启系统即可。

## A.5 Docker与虚拟化

### 1.Docker与LXC（Linux Container）有何不同？

答：LXC利用Linux上相关技术实现了容器。Docker则在如下的几个方面进行了改进：

·移植性：通过抽象容器配置，容器可以实现从一个平台移植到另一个平台；

·镜像系统：基于AUFS的镜像系统为容器的分发带来了很多的便利，同时共同的镜像层只需要存储一份，实现高效率的存储；

·版本管理：类似于Git的版本管理理念，用户可以更方便地创建、管理镜像文件；

·仓库系统：仓库系统大大降低了镜像的分发和管理的成本；

·周边工具：各种现有工具（配置管理、云平台）对Docker的支持，以及基于Docker的PaaS、CI等系统，让Docker的应用更加方便和多样化。

### 2.Docker与Vagrant有何不同？

答：两者的定位完全不同。

Vagrant类似Boot2Docker（一款运行Docker的最小内核），是一套虚拟机的管理环境。Vagrant可以在多种系统上和虚拟机软件中运行，可以在Windows、Mac等非Linux平台上为Docker提供支持，自身具有较好的包装性和移植性。

原生的Docker只能运行在Linux平台上，但启动和运行的性能都比虚拟机要快，往往更适合快速开发和部署应用的场景。

简单说：Vagrant适合用来管理虚拟机，而Docker适合用来管理应用环境。

### 3.开发环境中Docker和Vagrant该如何选择？

**答：**Docker不是虚拟机，而是进程隔离，对于资源的消耗很少，但是目前需要Linux环境支持。Vagrant是虚拟机上做的封装，虚拟机本身会消耗资源。

如果本地使用的是Linux环境，推荐都使用Docker。

如果本地使用的是OSX或者Windows环境，那就需要开虚拟机，单一开发环境下Vagrant更简单；多环境开发下推荐在Vagrant里面再使用Docker进行环境隔离。

## A.6 其他

### 1.Docker能在非Linux平台（比如Windows或MacOS）上运行么？

**答：**可以。目前需要使用docker for mac、boot2docker等软件创建一个轻量级的Linux虚拟机层。

### 2.如何将一台宿主主机的docker环境迁移到另外一台宿主主机？

**答：**停止Docker服务。将整个Docker存储文件夹复制到另外一台宿主主机，然后调整另外一台宿主主机的配置即可。

### 3.如何进入Docker容器的网络命名空间？

**答：**Docker在创建容器后，删除了宿主主机上/var/run/netns目录中的相关网络命名空间文件。因此，在宿主主机上是无法看到或访问容器的

的网络命名空间的。用户可以通过如下方法来手动恢复它：

1) 使用下面的命令查看容器进程信息，比如这里的1234：

---

```
$ docker inspect --format '{{. State.Pid}} ' $container_id
1234
```

---

2) 在/proc目录下，把对应的网络命名空间文件链接到/var/run/netns目录。

---

```
$ sudo ln -s /proc/1234/ns/net /var/run/netns/
```

---

3) 在宿主主机上就可以看到容器的网络命名空间信息。例如：

---

```
$ sudo ip netns show
1234
```

---

此时，用户可以通过正常的系统命令来查看或操作容器的命名空间了。例如修改容器的IP地址信息为172.17.0.100/16：

---

```
$ sudo ip netns exec 1234 ifconfig eth0 172.17.0.100/16
```

---

## 附录B Docker命令查询

### B.1 基本语法

Docker命令有两大类，客户端命令和服务端命令。前者是主要的操作接口，后者用来启动Docker daemon。

- 客户端命令基本格式为：docker [OPTIONS] COMMAND [arg...]
- 服务端命令基本格式为：docker daemon [OPTIONS]。

可以通过man docker或docker help来查看这些命令。

### B.2 客户端命令选项

选 项	说 明
--config=""	指定客户端配置文件，默认为 /.docker
-D=true false	是否使用 debug 模式。默认不开启
-H, --host=[]	指定命令对应 Docker daemon 的监听接口，可以为 unix 套接字 (unix:///path/to/socket)，文件句柄 (fd://socketfd) 或 tcp 套接字 (tcp://[host[:port]])，默认为 unix:///var/run/docker.sock
-l, --log-level= "debug info warn error fatal"	指定日志输出级别
--tls=true false	是否对 Docker daemon 启用 TLS 安全机制，默认为否
--tlscacert= /.docker/ca.pem	TLS CA 签名的可信证书文件路径
--tlscert= /.docker/cert.pem	TLS 可信证书文件路径
--tlskey= /.docker/key.pem	TLS 密钥文件路径
--tlsverify=true false	启用 TLS 校验，默认为否

## B.3 daemon命令选项

选 项	说 明
<code>--api-cors-header=""</code>	CORS 头部域，默认不允许访问 CORS，要允许任意的跨域访问，可以指定为 “*”
<code>--authorization-plugin=""</code>	载入认证的插件
<code>-b=""</code>	将容器挂载到一个已存在的网桥上。指定为 'none' 时则禁用容器的网络，与 <code>--bip</code> 选项互斥
<code>--bip=""</code>	让动态创建的 docker0 网桥采用给定的 CIDR 地址；与 <code>-b</code> 选项互斥
<code>--cgroup-parent=""</code>	指定 cgroup 的父组，默认 fs cgroup 情况下为 /docker，systemd cgroup 情况下为 system.slice
<code>--cluster-store=""</code>	构成集群（如 Swarm）时，集群键值数据库服务地址
<code>--cluster-advertise=""</code>	构成集群时，自身的被访问地址，可以为 host:port 或 interface:port
<code>--cluster-store-opt=""</code>	构成集群时，键值数据库的配置选项
<code>--config-file="/etc/docker/daemon.json"</code>	daemon 配置文件路径
<code>--containerd=""</code>	containerd 文件的路径
<code>-D, --debug=true false</code>	是否使用 Debug 模式，默认为 false
<code>--default-gateway=""</code>	容器的 IPv4 网关地址，必须在网桥的子网段内
<code>--default-gateway-v6=""</code>	容器的 IPv6 网关地址
<code>--default-ulimit=[]</code>	默认的 ulimit 值
<code>--disable-legacy-registry=true false</code>	是否允许访问旧版本的镜像仓库服务器
<code>--dns=""</code>	指定容器使用的 DNS 服务器地址
<code>--dns-opt=""</code>	DNS 选项
<code>--dns-search=[]</code>	DNS 搜索域
<code>--exec-opt=[]</code>	运行时的执行选项
<code>--exec-root=""</code>	容器执行状态文件的根路径，默认为 /var/run/docker
<code>--fixed-cidr=""</code>	限定分配 IPv4 地址范围
<code>--fixed-cidr-v6=""</code>	限定分配 IPv6 地址范围
<code>-G, --group=""</code>	分配给 unix 套接字的组，默认为 docker
<code>-g, --graph=""</code>	Docker 运行时的根路径，默认为 /var/lib/docker
<code>-H, --host=[]</code>	指定命令对应 Docker daemon 的监听接口，可以为 unix 套接字（unix:///path/to/socket），文件句柄（fd://socketfd）或 tcp 套接字（tcp://[host[:port]]），默认为 unix:///var/run/docker.sock
<code>--icc=true false</code>	是否启用容器间以及跟 daemon 所在主机的通信。默认为 true
<code>--insecure-registry=[]</code>	允许访问给定的非安全仓库服务
<code>--ip=""</code>	绑定容器端口时候的默认 IP 地址。默认为 0.0.0.0
<code>--ip-forward=true false</code>	是否检查启动在 Docker 主机上的启用 IP 转发服务，默认开启。注意关闭该选项将不对系统转发能力进行任何检查修改
<code>--ip-masq=true false</code>	是否进行地址伪装，用于容器访问外部网络，默认开启





(续)

选 项	说 明
--iptables=true false	是否允许 Docker 添加 iptables 规则。默认为 true
--ipv6=true false	是否启用 IPv6 支持，默认关闭
-l, --log-level="debug info warn error fatal"	指定日志输出级别
--label="[]"	添加指定的键值对标注
--log-driver="json-file syslog journald gelf fluentd awslogs splunk etwlogs gcpllogs none"	指定日志后端驱动，默认为 json-file
--log-opt=[]	日志后端的选项
--mtu=VALUE	指定容器网络的 mtu
-p=""	指定 daemon 的 PID 文件路径。默认为 /var/run/docker.pid
--raw-logs	输出原始、未加分析的日志信息
--registry-mirror=://	指定 docker pull 时使用的注册服务器镜像地址
-s, --storage-driver=""	指定使用给定的存储后端
--selinux-enabled=true false	是否启用 SELinux 支持。默认值为 false。SELinux 目前尚不支持 overlay 存储驱动
--storage-opt=[]	驱动后端选项
--tls=true false	是否对 Docker daemon 启用 TLS 安全机制，默认为否
--tlscacert= /.docker/ca.pem	TLS CA 签名的可信证书文件路径
--tlscert= /.docker/cert.pem	TLS 可信证书文件路径
--tlscert= /.docker/key.pem	TLS 密钥文件路径
--tlsverify=true false	启用 TLS 校验，默认为否
--userland-proxy=true false	是否使用用户态代理来实现容器间和出容器的回环通信，默认为 true
--userns-remap=default uid:gid user:group user uid	指定容器的用户命名空间，默认是创建新的 UID 和 GID 映射到容器内进程

## B.4 客户端命令

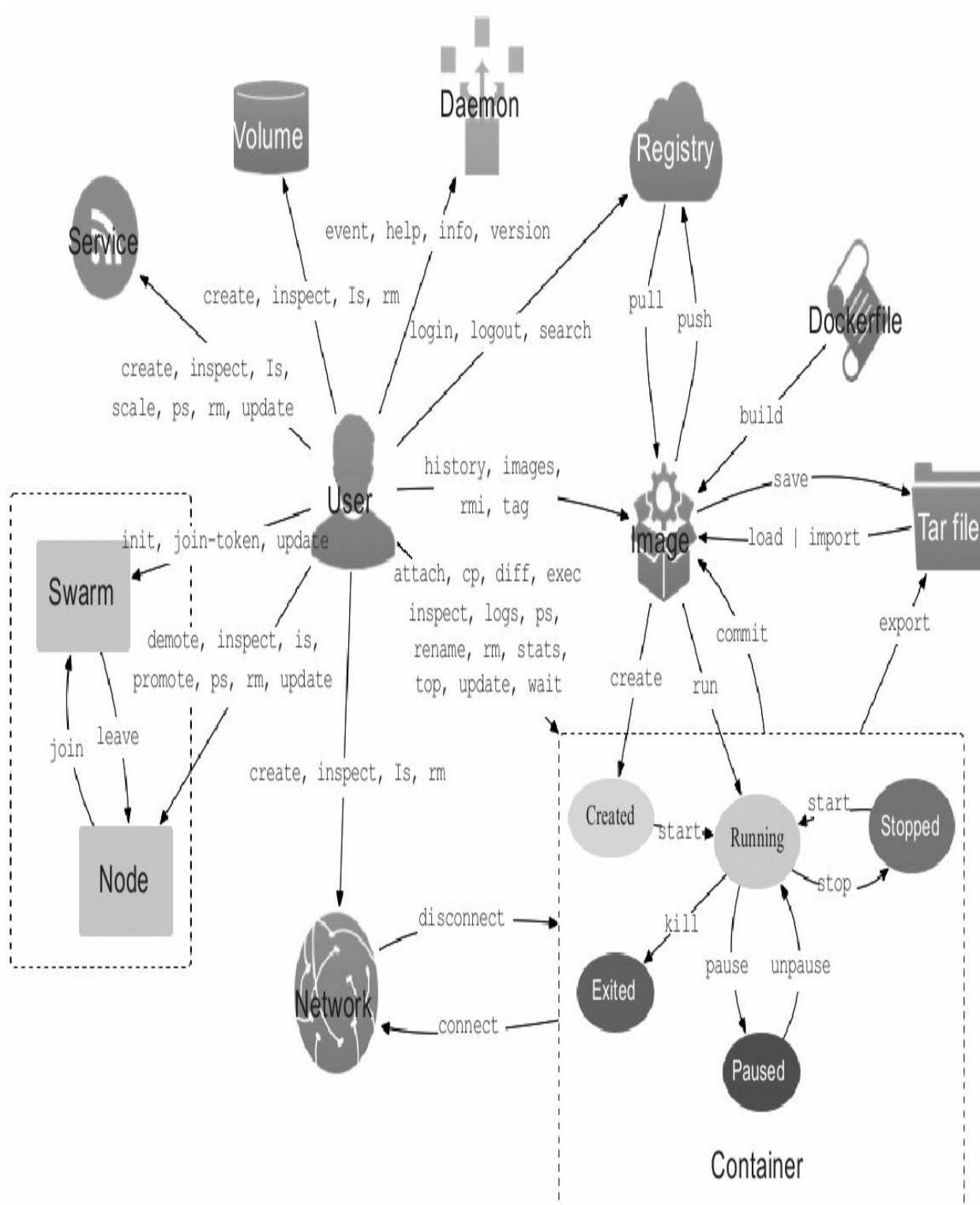
可以通过`man docker-COMMAND`或`docker help COMMAND`来查看这些命令的具体用法。

命 令	说 明
attach	依附到一个正在运行的容器中
build	从一个 Dockerfile 创建一个镜像
commit	从一个容器的修改中创建一个新的镜像
cp	在容器和本地宿主系统之间复制文件
create	创建一个新容器，但并不运行它
diff	检查一个容器内文件系统的变更，包括修改和增加

( 续 )

命 令	说 明
events	从服务端获取实时的事件
exec	在运行的容器内执行命令
export	导出容器内容为一个 tar 包
history	显示一个镜像的历史信息
images	列出存在的镜像
import	导入一个文件（典型为 tar 包）路径或目录来创建一个本地镜像
info	显示一些相关的系统信息
inspect	显示一个容器的具体配置信息
kill	关闭一个运行中的容器（包括进程和所有相关资源）
load	从一个 tar 包中加载一个镜像
login	注册或登录到一个 Docker 的仓库服务器
logout	从 Docker 的仓库服务器登出
logs	获取容器的 log 信息
Network	管理 Docker 的网络，包括查看、创建、删除、挂载、卸载等
node	管理 swarm 集群中的节点，包括查看、更新、删除、提升 / 取消管理节点等
pause	暂停一个容器中的所有进程
port	查找一个 nat 到一个私有网口的公共口
ps	列出主机上的容器
pull	从一个 Docker 的仓库服务器下拉一个镜像或仓库
push	将一个镜像或者仓库推送到一个 Docker 的注册服务器
rename	重命名一个容器
restart	重启一个运行中的容器
rm	删除给定的若干个容器
rmi	删除给定的若干个镜像
run	创建一个新容器，并在其中运行给定命令
save	保存一个镜像为 tar 包文件
search	在 Docker index 中搜索一个镜像
service	管理 Docker 所启动的应用服务，包括创建、更新、删除等
start	启动一个容器
stats	输出（一个或多个）容器的资源使用统计信息
stop	终止一个运行中的容器
swarm	管理 Docker swarm 集群，包括创建、加入、退出、更新等
tag	为一个镜像打标签
top	查看一个容器中正在运行的进程信息
unpause	将一个容器内所有的进程从暂停状态中恢复
update	更新指定的若干容器的配置信息
version	输出 Docker 的版本信息
volume	管理 Docker volume，包括查看、创建、删除等
wait	阻塞直到一个容器终止，然后输出它的退出符

## B.5 一张图总结Docker的命令



## 附录C 参考资源链接

### 官方网站

Docker官方主页: <https://www.docker.com>

Docker官方博客: <https://blog.docker.com/>

Docker官方文档: <https://docs.docker.com/>

Docker Hub: <https://hub.docker.com>

Docker的源代码仓库: <https://github.com/docker/docker>

Docker发布版本历史: <https://docs.docker.com/release-notes/>

Docker常见问题: <https://docs.docker.com/engine/faq/>

Docker远端应用

API: [https://docs.docker.com/reference/api/docker\\_remote\\_api/](https://docs.docker.com/reference/api/docker_remote_api/)

### 实践参考

Dockerfile参考: <https://docs.docker.com/reference/builder/>

Dockerfile最佳实践: [https://docs.docker.com/engine/userguide/eng-image/Dockerfile\\_best-practices/](https://docs.docker.com/engine/userguide/eng-image/Dockerfile_best-practices/)

### 技术交流

Docker邮件列表: <https://groups.google.com/forum/#!forum/docker-user>

Docker的IRC频道: <https://chat.freenode.net#docker>

Docker的Twitter主页: <https://twitter.com/docker>

## 其他资源

Docker的StackOverflow问答主页: <https://stackoverflow.com/search?q=docker>

# Table of Contents

[第2版前言](#)

[第1版前言](#)

[第一部分 基础入门](#)

[第1章 初识容器与Docker](#)

[1.1 什么是Docker](#)

[1.2 为什么要使用Docker](#)

[1.3 Docker与虚拟化](#)

[1.4 本章小结](#)

[第2章 核心概念与安装配置](#)

[2.1 核心概念](#)

[2.2 安装Docker](#)

[2.3 配置Docker服务](#)

[2.4 推荐实践环境](#)

[2.5 本章小结](#)

[第3章 使用Docker镜像](#)

[3.1 获取镜像](#)

[3.2 查看镜像信息](#)

[3.3 搜寻镜像](#)

[3.4 删除镜像](#)

[3.5 创建镜像](#)

[3.6 存出和载入镜像](#)

[3.7 上传镜像](#)

[3.8 本章小结](#)

[第4章 操作Docker容器](#)

[4.1 创建容器](#)

[4.2 终止容器](#)

[4.3 进入容器](#)

[4.4 删除容器](#)

[4.5 导入和导出容器](#)

[4.6 本章小结](#)

[第5章 访问Docker仓库](#)

[5.1 Docker Hub公共镜像市场](#)

[5.2 时速云镜像市场](#)



[5.3 搭建本地私有仓库](#)

[5.4 本章小结](#)

[第6章 Docker数据管理](#)

[6.1 数据卷](#)

[6.2 数据卷容器](#)

[6.3 利用数据卷容器来迁移数据](#)

[6.4 本章小结](#)

[第7章 端口映射与容器互联](#)

[7.1 端口映射实现访问容器](#)

[7.2 互联机制实现便捷互访](#)

[7.3 本章小结](#)

[第8章 使用Dockerfile创建镜像](#)

[8.1 基本结构](#)

[8.2 指令说明](#)

[8.3 创建镜像](#)

[8.4 使用.dockerignore文件](#)

[8.5 最佳实践](#)

[8.6 本章小结](#)

[第二部分 实战案例](#)

[第9章 操作系统](#)

[9.1 BusyBox](#)

[9.2 Alpine](#)

[9.3 Debian/Ubuntu](#)

[9.4 CentOS/Fedora](#)

[9.5 本章小结](#)

[第10章 为镜像添加SSH服务](#)

[10.1 基于commit命令创建](#)

[10.2 使用Dockerfile创建](#)

[10.3 本章小结](#)

[第11章 Web服务与应用](#)

[11.1 Apache](#)

[11.2 Nginx](#)

[11.3 Tomcat](#)

[11.4 Jetty](#)

[11.5 LAMP](#)

[11.6 CMS](#)

[11.7 持续开发与管理](#)

	<a href="#">11.8 本章小结</a>
<a href="#">第12章 数据库应用</a>	
	<a href="#">12.1 MySQL</a>
	<a href="#">12.2 MongoDB</a>
	<a href="#">12.3 Redis</a>
	<a href="#">12.4 Memcached</a>
	<a href="#">12.5 CouchDB</a>
	<a href="#">12.6 Cassandra</a>
	<a href="#">12.7 本章小结</a>
<a href="#">第13章 分布式处理与大数据平台</a>	
	<a href="#">13.1 RabbitMQ</a>
	<a href="#">13.2 Celery</a>
	<a href="#">13.3 Hadoop</a>
	<a href="#">13.4 Spark</a>
	<a href="#">13.5 Storm</a>
	<a href="#">13.6 Elasticsearch</a>
	<a href="#">13.7 本章小结</a>
<a href="#">第14章 编程开发</a>	
	<a href="#">14.1 C/C++</a>
	<a href="#">14.2 Java</a>
	<a href="#">14.3 Python</a>
	<a href="#">14.4 JavaScript</a>
	<a href="#">14.5 Go</a>
	<a href="#">14.6 PHP</a>
	<a href="#">14.7 Ruby</a>
	<a href="#">14.8 Perl</a>
	<a href="#">14.9 R</a>
	<a href="#">14.10 Erlang</a>
	<a href="#">14.11 本章小结</a>
<a href="#">第15章 容器与云服务</a>	
	<a href="#">15.1 公有云容器服务</a>
	<a href="#">15.2 容器云服务</a>
	<a href="#">15.3 阿里云容器服务</a>
	<a href="#">15.4 时速云容器平台</a>
	<a href="#">15.5 本章小结</a>
<a href="#">第16章 容器实战思考</a>	
	<a href="#">16.1 Docker为什么会成功</a>

[16.2 研发人员该如何看容器](#)

[16.3 容器化开发模式](#)

[16.4 容器与生产环境](#)

[16.5 本章小结](#)

### [第三部分 进阶技能](#)

#### [第17章 Docker核心实现技术](#)

[17.1 基本架构](#)

[17.2 命名空间](#)

[17.3 控制组](#)

[17.4 联合文件系统](#)

[17.5 Linux网络虚拟化](#)

[17.6 本章小结](#)

#### [第18章 配置私有仓库](#)

[18.1 安装Docker Registry](#)

[18.2 配置TLS证书](#)

[18.3 管理访问权限](#)

[18.4 配置Registry](#)

[18.5 批量管理镜像](#)

[18.6 使用通知系统](#)

[18.7 本章小结](#)

#### [第19章 安全防护与配置](#)

[19.1 命名空间隔离的安全](#)

[19.2 控制组资源控制的安全](#)

[19.3 内核能力机制](#)

[19.4 Docker服务端的防护](#)

[19.5 更多安全特性的使用](#)

[19.6 使用第三方检测工具](#)

[19.7 本章小结](#)

#### [第20章 高级网络功能](#)

[20.1 网络启动与配置参数](#)

[20.2 配置容器DNS和主机名](#)

[20.3 容器访问控制](#)

[20.4 映射容器端口到宿主主机的实现](#)

[20.5 配置docker0网桥](#)

[20.6 自定义网桥](#)

[20.7 使用OpenvSwitch网桥](#)

[20.8 创建一个点到点连接](#)

## [20.9 本章小结](#)

## [第21章 libnetwork插件化网络功能](#)

### [21.1 容器网络模型](#)

### [21.2 Docker网络相关命令](#)

### [21.3 构建跨主机容器网络](#)

### [21.4 本章小结](#)

## [第四部分 开源项目](#)

## [第22章 Etcd——高可用的键值数据库](#)

### [22.1 简介](#)

### [22.2 安装和使用Etcd](#)

### [22.3 使用etcdctl客户端](#)

### [22.4 Etcd集群管理](#)

### [22.5 本章小结](#)

## [第23章 Docker三剑客之Docker Machine](#)

### [23.1 简介](#)

### [23.2 安装Machine](#)

### [23.3 使用Machine](#)

### [23.4 Machine命令](#)

### [23.5 本章小结](#)

## [第24章 Docker三剑客之Docker Compose](#)

### [24.1 简介](#)

### [24.2 安装与卸载](#)

### [24.3 Compose命令说明](#)

### [24.4 Compose环境变量](#)

### [24.5 Compose模板文件](#)

### [24.6 Compose应用案例一：Web负载均衡](#)

### [24.7 Compose应用案例二：大数据Spark集群](#)

### [24.8 本章小结](#)

## [第25章 Docker三剑客之Docker Swarm](#)

### [25.1 简介](#)

### [25.2 安装Swarm](#)

### [25.3 使用Swarm](#)

### [25.4 使用其他服务发现后端](#)

### [25.5 Swarm中的调度器](#)

### [25.6 Swarm中的过滤器](#)

### [25.7 本章小结](#)

## [第26章 Mesos——优秀的集群资源调度平台](#)

- [26.1 简介](#)
- [26.2 Mesos安装与使用](#)
- [26.3 原理与架构](#)
- [26.4 Mesos配置项解析](#)
- [26.5 日志与监控](#)
- [26.6 常见应用框架](#)
- [26.7 本章小结](#)

## [第27章 Kubernetes——生产级容器集群平台](#)

- [27.1 简介](#)
- [27.2 核心概念](#)
- [27.3 快速体验](#)
- [27.4 安装部署](#)
- [27.5 重要组件](#)
- [27.6 使用kubectl](#)
- [27.7 网络设计](#)
- [27.8 本章小结](#)

## [第28章 其他相关项目](#)

- [28.1 平台即服务方案](#)
- [28.2 持续集成平台Drone](#)
- [28.3 容器管理](#)
- [28.4 编程开发](#)
- [28.5 网络支持](#)
- [28.6 日志处理](#)
- [28.7 服务代理工具](#)
- [28.8 标准与规范](#)
- [28.9 其他项目](#)
- [28.10 本章小结](#)

## [附录](#)

- [附录A 常见问题总结](#)
- [附录B Docker命令查询](#)
- [附录C 参考资源链接](#)